

**ORGANIZAÇÃO PRAXEOLÓGICA DE SABERES ESCOLARES: UMA COMPARAÇÃO DA EQUAÇÃO DE CLAPEYRON EM LIVROS DE FÍSICA E QUÍMICA**  
**(Praxeological Organization of School Knowledge: A comparison of the Clapeyron equation approach in both physics and chemistry textbooks)**

**Danilo Claro Zanardi** [dczanardi@gmail.com]

**Fabiana Botelho Kneubil** [fkneubil@ig.com.br]

Universidade de São Paulo - Programa Pós-Graduação da Faculdade de Educação  
São Paulo – SP - Brasil

**Vanessa Sanches Pereira** [vsanchesp@gmail.com]

Universidade de São Paulo - Programa Pós-Graduação Interunidades  
São Paulo – SP - Brasil

### **Resumo**

Neste trabalho apresentamos uma síntese da Transposição Didática e da Teoria Antropológica da Didática de Chevallard e a relação entre elas, com o intuito de usá-las como ferramenta de análise para entender o aparecimento do conteúdo relativo à equação de Clapeyron tanto em livros de Física quanto de Química. A análise praxeológica revelou um núcleo comum às duas disciplinas, complementado por alguns conceitos próprios contextualizados a cada uma delas. Essa análise pode fornecer elementos que norteiam a transposição didática interna, auxiliando professores de física e química a minimizar a fragmentação deste conteúdo nas duas disciplinas.

**Palavras-chave:** transposição didática; teoria antropológica da didática; praxeologia; livros didáticos.

### **Abstract**

This paper presents an overview of the Didactic Transposition and Anthropological Theory of Didactic of Chevallard and the relationship between them in order to use them as an analysis tool to understand the appearance of content on the Clapeyron equation in both books of Physics and Chemistry. Praxeological analysis revealed a common core to these two science courses, complemented by some concepts which are contextualized to each one of them. This analysis can provide elements that guide the internal didactical transposition, helping teachers of physics and chemistry to minimize the fragmentation of this content in both science courses.

**Keywords:** didactic transposition; anthropological theory of didactic; praxeology and textbooks.

### **Introdução**

Este trabalho utilizou a Teoria Antropológica da Didática (TAD) de Chevallard para analisar o conteúdo relativo à equação de Clapeyron presente em um livro didático de física e outro de química, ambos destinados ao ensino médio e recomendados pelo PNLD. Trata-se de um programa criado pelo Governo Federal em 2004, com vista à universalização de livros didáticos para os estudantes do Ensino Médio das escolas públicas brasileiras. Os livros utilizados nas escolas públicas de todo o país são aqueles que conseguem o selo PNLD conferido por uma análise criteriosa do Ministério da Educação (MEC). Assim, ao escolher livros aceitos no PNLD, os resultados de nossa investigação passam a ter abrangência nacional.

Esta análise tem como objetivo responder às perguntas: por qual razão a equação de Clapeyron aparece tanto nos livros didáticos de física quanto de química do ensino médio? Por que esta duplicidade acaba se estendendo também para a sala de aula? Será que existe um motivo didático ou pedagógico relevante por trás desta duplicidade?

Nossa hipótese inicial era de que não deveria haver uma razão que de fato justificasse esta duplicação. Acreditávamos se tratar apenas de uma falta de comunicação entre aqueles que propuseram e estabeleceram o currículo do ensino médio de física e de química. Esta pesquisa mostrou que esta hipótese é um pouco ingênua e que devemos levar em conta elementos destas duas disciplinas que, *a priori*, não havíamos considerado.

Utilizamos a TAD por seu potencial analítico em destrinchar o caminho percorrido pelos saberes escolares e fornecer uma visão detalhada de suas especificidades, o que de fato se mostrou útil em fornecer respostas às nossas indagações. No entanto, para aprofundar a discussão a respeito da funcionalidade desta teoria para a investigação em ensino de Física, buscamos críticas a ela, que analisamos abaixo.

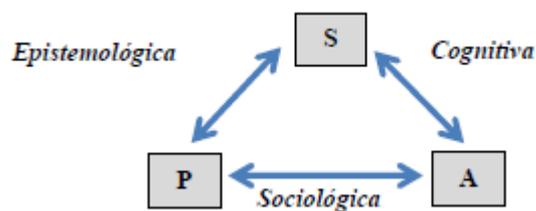
Forquim, por exemplo, (1996, apud Monteiro, 2001, p. 126), questiona se “o modelo da transposição didática” é universalmente aplicável, ou se seria mesmo ele que melhor explica a “lógica profunda” do currículo. Nessa mesma linha de argumentação, Caillot comenta que, no caso das ciências sociais, mais especificamente na História e na Geografia, o significado é fundamental, havendo possibilidade de existência de diferentes versões e interpretações. Citando Audigier, Crémieux e Tutiaux-Guillon (1994), ele mostra como o saber escolar não “funciona” como os saberes sábios, constituindo, estes dois, tipos diferentes de saberes. Os saberes escolares, de acordo com esses autores, são regidos pelos constrangimentos escolares em si mesmos e pelas finalidades que a escola lhes dá. Ainda assim, entendemos que as críticas mais contundentes às teorias de Chevallard remetem à sua aplicabilidade aos saberes relacionados às áreas das ciências humanas e linguagens, o que, de certo modo, autoriza o seu uso em nossa pesquisa, já que esta última esbarra muito superficialmente nos conteúdos das ciências humanas.

Nas primeiras páginas do trabalho faremos um levantamento dos elementos presentes na Transposição Didática (TD) e na Teoria Antropológica da Didática (TAD), ambas idealizadas por Chevallard. Apesar da análise dos livros didáticos que pesquisamos ter sido feita com a TAD, durante o estudo dos seus resultados percebemos a importância de agregar as três esferas do saber (sábio, a ensinar e ensinado) para que a análise se tornasse mais abrangente. Apesar de a TAD ser mais abrangente que a TD, Chevallard não explicita diretamente a relação entre elas. Desta maneira, após a introdução dos elementos dessas duas teorias, fizemos uma tentativa de entender de que forma a primeira está relacionada com a segunda.

Em seguida introduzimos os conceitos da TAD de uma forma mais completa, uma vez que foi esta a teoria usada para analisar os livros didáticos. E, finalizamos descrevendo e analisando os resultados obtidos.

### **Transposição Didática e a Teoria Antropológica da Didática**

Existem muitas teorias cujo estudo auxilia a prática docente e que têm servido como ferramenta de análise para o processo de ensino e de aprendizagem. São teorias que exploram esse processo com base nos três protagonistas da relação didática: o professor (P), o aluno (A) e o saber (S). A figura abaixo, extensivamente utilizada nessas teorias, representa as respectivas ligações entre eles, correspondentes às dimensões: cognitiva (entre A e S), epistemológica (entre P e S) e sociológica (entre P e A). Todas elas já foram utilizadas como referenciais teóricos para pesquisa em ensino de física no Brasil, como, por exemplo, os trabalhos publicados nos artigos de Brockington & Pietrocola (2005), Ricardo (2003), Moreira (2002), Barbé et al (2005), Silva (1999).



**Figura 1:** Elementos centrais da relação didática.

Alguns elementos da relação entre professor-aluno (PA) podem ser compreendidos, por exemplo, pela leitura de Brousseau (1986), em sua teoria do chamado contrato didático, que descreve a relação didática como sendo constituída por um conjunto de regras e comportamentos que determinam implícita e explicitamente o que cada participante (professor e aluno) deverá fazer e do que deve prestar conta.

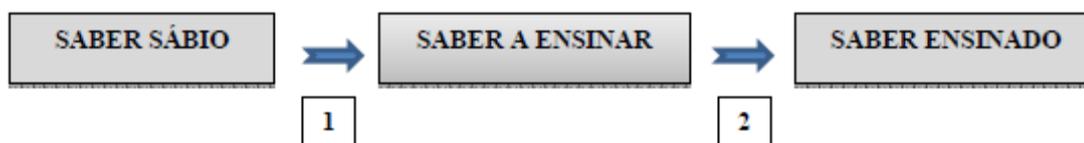
Na dimensão cognitiva, que trata da relação entre o aluno e o saber, a *Teoria dos Campos Conceituais* de Vergnaud afirma que o conhecimento está organizado em campos conceituais cujo domínio ocorre ao longo do tempo, por parte do sujeito, através de experiência, maturidade e aprendizagem (Moreira, 2002).

Astolfi também analisa essa dimensão cognitiva sob a perspectiva dos *Obstáculos Epistemológicos* (Bachelard) e *Obstáculos à Aprendizagem*. Segundo ele, existe um conflito cognitivo entre as representações dos alunos (concepções alternativas) e os conhecimentos científicos que a escola pretende ensinar (Astolfi, 1988).

Chevallard (1991), na *Teoria da Transposição Didática*, descreve o percurso epistemológico do saber desde a sua origem até a sala de aula. De acordo com esta teoria, em todo processo de ensino de um saber, existem três níveis distintos, chamados de *saber sábio*, *saber a ensinar* e *saber ensinado*. O primeiro nível, o saber sábio diz respeito ao conhecimento original, que é construído pela comunidade de cientistas e apenas se torna público após sua divulgação em artigos e revistas científicas. Normalmente, esse saber não chega à sala de aula, pois possui uma linguagem restrita à instituição que o produz. Há a necessidade de uma primeira transformação do conhecimento original, a qual Chevallard chama de *transposição didática externa*, que leva ao segundo nível do saber, o saber a ensinar. Esta consiste basicamente em transpor o conteúdo do saber sábio aos livros e manuais didáticos, de maneira a torná-lo acessível aos alunos. Por exemplo, constata-se que se algum aluno do ensino médio, ou mesmo numa graduação em física, quiser aprender a Teoria da Relatividade, não irá buscá-la nos artigos originais de Einstein, pois é preciso uma adequação de linguagem para que aquelas ideias possam ser entendidas.

A segunda transformação do saber se dá dentro da sala de aula pelo professor. Ele se utiliza do conhecimento dos livros didáticos e adéqua ainda mais aquele conteúdo para estruturar e sequenciar as suas aulas. Esta etapa é pessoal e susceptível a algumas variáveis, tais como: o ambiente de sala de aula, a escola e nível de interesse da turma de alunos daquele ano, sendo que todas elas dependem de características particulares da relação didática. Esta etapa de transformação do saber a ensinar em saber ensinado é chamada de *transposição didática interna*, pois acontece no interior da sala de aula.

Os dois processos de transposição estão representados no esquema:



**Figura 2:** Elementos da Transposição Didática

As passagens (1) e (2) indicam, respectivamente, a transposição externa, onde aparecem os manuais e programas didáticos, incluindo livros didáticos, e a transposição interna, na qual um dos personagens é o professor. Nesta etapa, ele é o agente de transformação do saber dos livros didáticos em saber ensinado. Além do professor, a transformação do saber nesse processo é influenciada por elementos institucionais, econômicos e políticos de um dado ambiente social, denominado por Chevallard de *Noosfera*. Segundo ele, “a *Noosfera* é a região onde se pensa o funcionamento didático” (Chevallard, 1991, p.9).

A teoria da Transposição Didática é um referencial de análise do processo didático e fornece ferramentas importantes para dar consciência ao professor do objeto de ensino e seu processo de construção. Ou seja, abre a possibilidade do professor praticar a *vigilância epistemológica* e verificar se o que ele ensina está de acordo com os objetivos traçados, uma vez que com a compreensão e vigilância desse processo, o professor pode organizar e estruturar os saberes que ele deseja ensinar. Ela permite ao professor garantir a “sobrevivência dos saberes” no contexto da sala de aula. Para Chevallard, a vigilância epistemológica é o que permite ao professor “*tomar distância, interrogar as evidências, por em questão as ideias simples, desprender-se da familiaridade enganosa de seu objeto*” (Chevallard, 1991, p.16). A vigilância epistemológica (VE) é uma atitude individual que permite ao professor refazer o percurso do saber e verificar a pertinência e validade do processo.

A transposição dos saberes carrega uma *intenção didática* (ID), conceito este que é importantíssimo no processo da transposição didática, sem o qual não haveria um objetivo claro e uma intencionalidade no ensino. É como se a intenção didática permitisse desencadear o processo da transposição a partir do saber sábio até a sala de aula e a vigilância epistemológica permitisse ao professor analisar as transformações ocorridas e a sua pertinência frente ao projeto de ensino.

A Transposição Didática (TD) surgiu na área da matemática e pode ser levada também para outras ciências. Entretanto, essa teoria analítica contempla principalmente as ciências que possuem um saber de referência facilmente identificável, o que se assemelha a noção de paradigma introduzida por Kuhn (1962). Saber este que, caracterizado pelo saber sábio, é validado e aceito pela comunidade científica que o produz. Pensando em abranger outras áreas do conhecimento, como as ciências humanas, Chevallard ampliou sua teoria para a chamada *Teoria Antropológica da Didática* (TAD), que descreve todas as atividades humanas e suas respectivas instituições sob uma perspectiva praxeológica.

A TAD descreve num modelo único todas as atividades humanas tomando como base dois blocos que definem a teoria e a prática. O primeiro bloco, o logos, refere-se ao saber (tecnologia  $\theta$  e teoria  $\Theta$ ) e o segundo, a práxis, refere-se ao saber-fazer (tarefa T e técnica  $\tau$ ).

Esses dois blocos formam a *Organização Praxeológica* (OP) e representam o aspecto estrutural da TAD. Além desses blocos, a TAD também possui o aspecto funcional, representado por seis *Momentos Didáticos* (MD), que se referem ao *estudo*<sup>1</sup>. Podemos esquematizar a Teoria

<sup>1</sup> Para Chevallard (apud Diogo, Osório e Silva, 2007), o estudo se refere à “ideia de fazer qualquer coisa com o fim de aprender qualquer coisa (“saber”) ou de aprender a fazer qualquer coisa (“saber-fazer)”.

Antropológica da Didática, analisando as palavras *Antropológica* e *Didática* como geradoras de dois eixos:

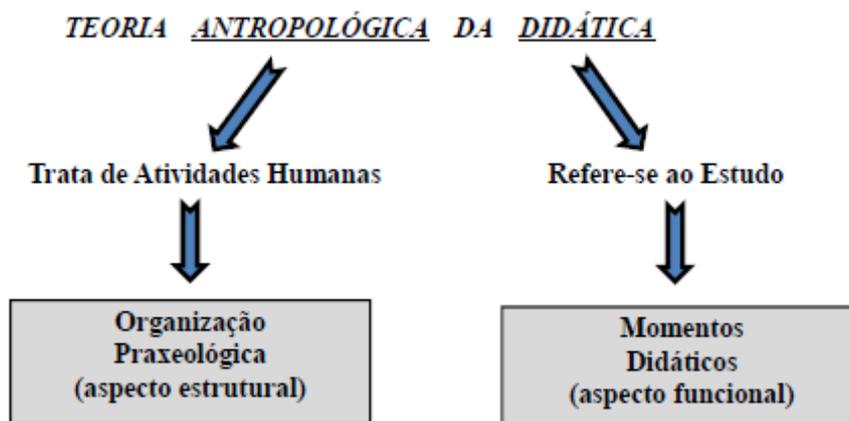


Figura 4: Organização dos elementos da Transposição Didática

### Relação entre a TD e a TAD

Na análise do ensino de ciências pelo referencial da TD, o saber que chega à sala de aula passa pelas transposições externa e interna. Como existem três dimensões diferentes deste saber, a existência desses três níveis é sustentada por, pelo menos, três grupos sociais diferentes, que se interligam de alguma forma num ambiente amplo e complexo denominado noosfera (Pinho, 2000).

Esses grupos sociais que compartilham da mesma rotina, ou seja, comungam das mesmas organizações praxeológicas, definem o que Chevallard chama de *Instituição*. Podemos dizer, então, que cada saber da TD tem uma praxeologia própria, uma vez que são pessoas (instituições) diferentes que o “alimentam”. Juntando o esquema 02 da TD com o esquema 04 da TAD, temos:

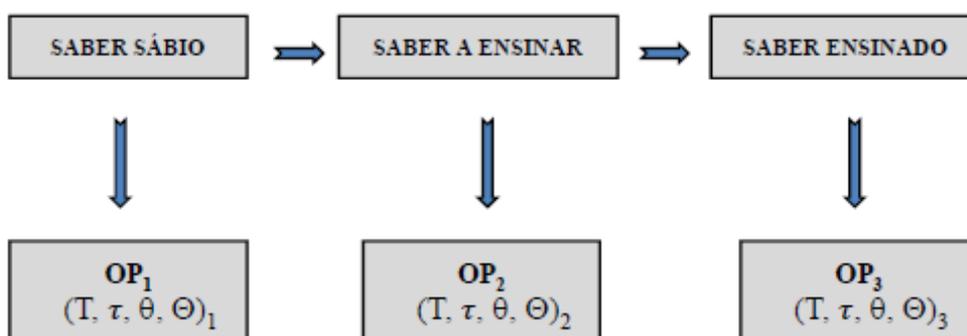


Figura 5: Relação entre a TD e a TAD

No primeiro nível do saber, existem grupos de pessoas que compartilham das mesmas tarefas, das mesmas técnicas, das mesmas tecnologias e das mesmas teorias no seu dia a dia; trabalham para produzir e manter o saber sábio, com objetivos comuns. Podemos dizer que pertencem à mesma instituição, pois compartilham das mesmas organizações praxeológicas, como ocorre, por exemplo, com os pesquisadores de uma mesma área.

O segundo nível do saber, o saber a ensinar, é gerado por um grupo de pessoas que confeccionam os livros didáticos e elaboram os programas. Os quatro elementos das organizações praxeológicas (OP<sub>2</sub>) que estão presentes no cotidiano destas pessoas, são completamente diferentes dos elementos das organizações praxeológicas presentes na instituição do saber sábio (OP<sub>1</sub>). Nesse segundo, os autores de livros e os próprios manuais didáticos podem ser considerados como *instituições*.

Na última dimensão do saber, o grupo de pessoas que trabalha com as mesmas organizações praxeológicas (OP<sub>3</sub>) e que, portanto, também constituem uma instituição, são os professores, pois são eles que sustentam a atividade em sala de aula, compondo o último nível do saber, ou seja, o saber ensinado.

Observe que a definição de *instituição*, segundo Chevallard, está relacionada com a atividade que uma pessoa irá realizar, ou seja, ao conjunto de tarefas e técnicas que ela desenvolve e não à pessoa em si. Portanto, uma mesma pessoa pode fazer parte de duas ou mais instituições. Por exemplo, um pesquisador da área de física desenvolve um conhecimento que se caracteriza como saber sábio, mas ele próprio também pode escrever livros didáticos, transpondo o saber para a dimensão do saber a ensinar. Assim, ele pertence às duas instituições citadas, à de pesquisadores e à de autores de livros didáticos.

É interessante notar que na Transposição Didática, os objetos principais de Chevallard são o saber, o aluno e o professor, já na Teoria Antropológica da Didática o objeto é a atividade humana regular, como resultado de um saber, que pode ser sábio, a ensinar ou ensinado, aplicado nas diferentes tarefas, técnicas, tecnologias e teorias.

### **Teoria Antropológica da Didática (TAD)**

Neste trabalho, a TAD possui um papel central como referência teórica, e por isso, alguns pontos mais específicos serão agora definidos nesta seção que visa a revisitar conceitos-chaves da TAD, bem como apresentar de forma mais detalhada seu aspecto estrutural (a praxeologia) e funcional (os momentos didáticos).

Em primeiro lugar, é preciso pontuar que a TAD não é uma teoria cognitiva do conhecimento, ou seja, ela não leva em consideração os processos cognitivos por trás da aprendizagem, considera apenas as especificidades do conhecimento, supondo que são estas últimas que explicam a diversidade de fenômenos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem:

“...não que eu negue as particularidades dos indivíduos, só que duvido que aquilo que o faz único e diferente dos demais tenha um papel central na determinação de suas respostas perante uma situação particular ...” (Chevallard, 2007, p.4 - tradução nossa).

Segundo Chevallard (2007), o que um estudante vai ou não fazer não é determinado por suas propriedades internas, mas pelo ambiente no qual ele está inserido. Ou seja, o comportamento do aluno depende mais do conhecimento transmitido e da forma como ele é transmitido, do que das suas características cognitivas, e é isto que justifica a TAD ter como objeto de sua atenção, os saberes e as atividades humanas.

Vale ressaltar ainda que quando se fala de aluno e estudante, não se pretende reduzir a TAD aos processos que acontecem na escola. Na verdade, a TAD possui um caráter cultural muito abrangente e isto se torna mais claro quando se define melhor o significado dado a alguns termos que serão explorados a seguir.

No contexto da TAD, *didático* é uma palavra utilizada toda vez que nos referimos ao estudo, sendo este uma ação que se faz com o objetivo de aprender qualquer coisa (saber) ou aprender a

fazer qualquer coisa (saber-fazer) (Chevallard, apud Diogo, Osório e Silva, 2007). Como o didático se refere ao estudo de qualquer coisa, é evidente que a teoria não se restringe aos processos escolares. Na verdade, o ensino que ocorre na sala de aula não é o único meio para o estudo (Diogo, Osório e Silva, 2007).

Quando então, neste contexto, o conceito de processo didático for usado, não se deve entendê-lo como um processo de ensino que ocorre na escola, mas como um processo de estudo, estudo este que pode ser sobre qualquer tema e ocorrer em qualquer lugar. É claro, entretanto, que apesar do caráter cultural da TAD, são os pesquisadores da área de educação que mais se utilizam dessa teoria como referencial teórico para as suas pesquisas.

Segundo Diogo, Osório e Silva (2007), o processo didático é aquele que ocorre toda vez que alguém ou um grupo de pessoas são levados a estudar alguma coisa, ou seja, toda vez que uma pessoa ou um conjunto de pessoas fazem algo com o objetivo de aprender, ou aprender a fazer algo. A aprendizagem, então, é o efeito buscado pelo estudo.

Conforme foi citado no início do trabalho, outro conceito utilizado pela TAD é o de instituição. Segundo Chevallard (2007), por trás das pessoas envolvidas no processo didático, e do próprio conhecimento, está a instituição. Para ele, as pessoas criam as instituições que, por sua vez, moldam-nas. Um dos principais avanços da TAD em relação a TD, é deslocar a análise sobre ensino e aprendizagem de um nível individual para um nível coletivo, mais geral, representado pelas instituições. Por exemplo, em relação à educação de um professor, não se deve olhar primeiramente para o que um ou outro professor sabe ou ignora, mas deslocar o foco para o que essa profissão, como instituição, sabe ou ignora.

#### *Aspecto Estrutural da TAD – Organizações Praxeológicas*

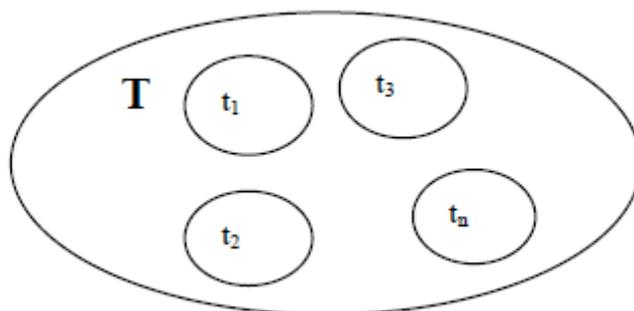
Conforme mencionado, a TAD parte da premissa de que toda a atividade humana regular pode ser descrita por um modelo chamado praxeologia, do grego, *práxis* (**prática** – bloco ligado ao “como fazer”) e *logos* (**razão** – bloco ligado ao “por que fazer assim”). Este modelo pode ser decomposto em quatro elementos:

#### TIPO DE TAREFAS ( T )

Chama-se de tarefa aquilo que algum ser humano tem que fazer regularmente, como, por exemplo, resolver equações quadráticas (tarefa de alunos), ensinar o teorema de Pitágoras (tarefa de professores), cortar a madeira (tarefa de carpinteiro), pintar uma casa (tarefa de um pintor), etc.

As tarefas podem ser agrupadas em gêneros de tarefas, tipos de tarefas (T) e a tarefa propriamente dita ( t ) e, por se referirem a algo que deve ser feito, são frequentemente, definidas por um verbo. Exemplo: “Calcular”, é um gênero de tarefa, calcular o valor de uma função num ponto, é um tipo ( T ) de tarefa e calcular o valor da função  $f(x) = x^2$  para  $x = 7$  é a tarefa ( t ) propriamente dita.

A relação entre o tipo de tarefa ( T ) e suas respectivas tarefas ( $t_1, t_2, t_3, t_4, \dots, t_n$ ) pode ser mais facilmente compreendida por meio de uma representação gráfica. Cada tipo (T) de tarefa encerra inúmeras tarefas (t), daí associar a esses dois conceitos, o conceito de conjunto, pois um conjunto pode conter inúmeros elementos.



**Figura 6:** Diagrama que exprime o fato de um tipo ( T ) de tarefas conter inúmeras tarefas ( t )

### TÉCNICA (τ)

É o método pelo qual se realizam as tarefas. A técnica (τ) é a maneira de se resolver ou realizar um determinado tipo (T) de tarefas. Resolver equações quadráticas, por exemplo, é um tipo (T) de tarefa, que pode ser realizada por várias técnicas (τ), tais como o completamento de quadrados, a fórmula de Bhaskara, entre outras. Uma instituição poderá utilizar apenas uma técnica (τ) ou um grupo de técnicas para um determinado tipo de tarefas (T), enquanto outras instituições poderão utilizar outras técnicas para realizar o mesmo tipo de tarefas. Na instituição escola, alunos aprendem a resolver equações quadráticas por meio das técnicas acima mencionadas, no entanto, se uma equação quadrática for apresentada a um indivíduo fora da escola e sem estudos, este poderá resolvê-la por tentativa e erro, que é uma técnica (τ) alternativa, diferente das ensinadas na escola, escolhendo números aleatoriamente que satisfaçam a equação. Percebe-se, assim, que a técnica escolhida para a realização de uma determinada tarefa está vinculada à instituição a qual o indivíduo pertence.

Por fim, vale frisar que toda técnica tem alcance limitado, só funciona para algumas tarefas. Por exemplo, o cálculo do fatorial usando a multiplicação dos números consecutivos só é possível, na calculadora, até o 69 fatorial (69!), a partir daí é comum se utilizar a técnica numérica da aproximação de Stirling. Para o cálculo da distância focal de um espelho esférico (tipo de tarefa-T), costuma-se utilizar a equação de Gauss (técnica τ para realizar esta tarefa) :  $\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$ . No entanto, esta técnica só é válida caso o espelho seja de pequena abertura angular, caso contrário seu foco, que agora não será mais único, poderá ser inferido pelo método gráfico, que é uma outra técnica, mais geral que a equação de Gauss.

- Mais alguns exemplos de tarefas e técnicas:

Tipo de tarefa (T): Somar números inteiros.

Exemplos de tarefas ( t ) que pertencem a este tipo (T) de tarefas:

ta : somar 1 + 2;

tb : somar 40 + 50;

tc : somar 4 + 2 + 6;

Técnica (τ) usada para resolver estas tarefas:

τ1: somar com os dedos – provavelmente o que se veria entre um grupo de crianças ainda não escolarizadas na operação de adição;

$\tau_2$ : somar com a conta armada – provavelmente a técnica ensinada por professores do ensino fundamental;

### TECNOLOGIA ( $\theta$ )

É o discurso racional que justifica e explica o uso da técnica ( $\tau$ ) que se emprega para realizar um tipo de tarefa (T). Garante que a técnica irá cumprir seu propósito e explica de que maneira ela consegue fazer isto. Explicita o alcance da técnica, indicando seu grau de validade. Finalmente, a tecnologia também tem como função a produção de novas técnicas.

### TEORIA ( $\Theta$ )

A teoria justifica e explica as afirmações da tecnologia. É o discurso racional sobre a tecnologia. Ela tem, em relação à tecnologia, o mesmo papel que esta tem em relação à técnica, ou seja, a teoria é a tecnologia da tecnologia. A tecnologia é quem justifica, explica e gera técnicas e a teoria é quem justifica, explica e gera tecnologias e que possibilita interpretar técnicas e provar tecnologias.

A tecnologia, por exemplo, que explica a razão da técnica da equação de Gauss para espelhos esféricos funcionar, é a semelhança de triângulos e a as leis da reflexão, já a tecnologia que determina sua validade apenas para espelhos de pequena abertura, é o fato de pequenos ângulos possuírem senos e tangentes praticamente de mesmo valor. Por outro lado, as teorias ( $\Theta$ ) que justificam e explicam estas tecnologias são a geometria plana da matemática, daí esta área da física ser comumente chamada de óptica geométrica, o modelo ondulatório da luz e as equações do eletromagnetismo.

Por fim, uma última consideração terminológica é necessária. Uma organização praxeológica fica determinada pelo conjunto dos quatro “t’s”: (t,  $\tau$ ,  $\theta$ ,  $\Theta$ ). Assim, um tipo (T) de tarefa pode agregar inúmeras organizações praxeológicas (t,  $\tau$ ,  $\theta$ ,  $\Theta$ ), uma vez que, como visto, existem muitas tarefas únicas (t) que pertencem a um grupo maior de tipo de tarefas (T) e que podem ser resolvidas por uma mesma técnica  $\tau$ . Exemplo:

OP1: (somar os inteiros 15 e 27, técnica da conta armada de adição,  $\theta$ ,  $\Theta$ )

OP2: (somar os inteiros 13 e 25, técnica da conta armada de adição,  $\theta$ ,  $\Theta$ )

OP3: (somar os inteiros 156 e 21, técnica da conta armada de adição,  $\theta$ ,  $\Theta$ )

E assim por diante. Todas estas inúmeras OP possuem tarefas (t) que pertencem a um grupo maior de tipo de tarefas (T) chamado: somar números inteiros. Um detalhe sutil é que, a primeira vista, poder-se-ia pensar que existem infinitas OP do tipo (somar os inteiros 15 e 27, técnica da conta armada de adição,  $\theta$ ,  $\Theta$ ), que se diferenciam apenas pelo primeiro dos “t’s”, visto que existem infinitos números inteiros. Não obstante, a técnica da conta armada de adição torna-se inviável quando estes números inteiros ficam muito extensos, o que levaria ao uso de outra técnica e, deste modo, o conjunto (t,  $\tau$ ,  $\theta$ ,  $\Theta$ ) não seria mais do mesmo tipo destes três exemplos citados acima, pois conteria outra técnica “ $\tau$ ”.

A formalização de discussões como estas pode ser feita pela definição de *níveis de organizações praxeológicas*, conforme será discutido abaixo.

## Níveis para análise de praxeologias

**Praxeologia Pontual:** Conjunto que integra organizações praxeológicas desenvolvidas em relação a um único tipo (T) de tarefa e que podem ser resolvidas por aplicação de uma única técnica ( $\tau$ );

Exemplo: Pertencem a uma praxeologia pontual todas as organizações praxeológicas que se escrevem como:

$$(tn, \tau_1, \theta_1, \Theta_1) = \{(t_1, \tau_1, \theta_1, \Theta_1); (t_2, \tau_1, \theta_1, \Theta_1); (t_3, \tau_1, \theta_1, \Theta_1); (t_4, \tau_1, \theta_1, \Theta_1) \dots\}$$

Com a condição de que todas as tarefas  $t_1, t_2, t_3, \dots$ , que pertençam a um mesmo tipo (T) de tarefas, possam ser resolvidas pela mesma técnica “ $\tau_1$ ”.

**Praxeologia Local:** Conjunto que integra **praxeologias pontuais** que utilizam a mesma tecnologia ( $\theta$ );

Exemplo:

$$(tn, \tau_p, \theta_1, \Theta_1) = \{(t_n, \tau_1, \theta_1, \Theta_1); (t_n, \tau_2, \theta_1, \Theta_1); (t_n, \tau_3, \theta_1, \Theta_1); (t_n, \tau_4, \theta_1, \Theta_1) \dots\}$$

Com a condição de que todas as técnicas  $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots$ , possam ser justificadas e explicadas pela mesma tecnologia “ $\theta_1$ ”.

**Praxeologia Regional:** Conjunto que integra praxeologias locais que utilizam a mesma teoria ( $\Theta$ ).

Exemplo:

$$(tn, \tau_p, \theta_k, \Theta_1) = \{(t_n, \tau_p, \theta_1, \Theta_1); (t_n, \tau_p, \theta_2, \Theta_1); (t_n, \tau_p, \theta_3, \Theta_1); (t_n, \tau_p, \theta_4, \Theta_1) \dots\}$$

Com a condição de que todas as tecnologias  $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots$ , possam ser justificadas e explicadas pela mesma teoria “ $\Theta_1$ ”.

### *Aspecto Funcional da TAD – Momentos didáticos*

No processo didático, quando se pretende ensinar saberes que pertencem às organizações praxeológicas específica de uma matéria, por exemplo, elementos de uma organização praxeológica da física (OPF) ou de uma organização praxeológica da química (OPQ), o professorado se utiliza de um conjunto de outros tipos de tarefas, com suas correspondentes técnicas, tecnologias e teorias, referentes à abordagem, organização e foco do conteúdo, que constituem as *Organizações Praxeológicas Didáticas* (OPD).

Para descrever as OPD, Chevallard (1999) propõe os momentos didáticos que permitem descrever o processo didático, ou seja, a atividade de estudo.

Como neste trabalho focaremos a análise de livros didáticos através do aspecto estrutural da TAD, ou seja, pelo estudo praxeológico, nesta seção apenas apresentaremos os seis momentos didáticos, de forma sucinta, para que a TAD não seja aqui revisada de modo incompleto.

Os seis momentos de estudo, ou momentos didáticos propostos por Chevallard são:

### **1º) Momento do Primeiro Encontro**

É o momento em que o aprendiz tem o primeiro contato com aquilo que ele irá estudar, aquilo que ele deverá saber ou saber-fazer. Normalmente esse primeiro encontro pode acontecer a partir do contato com um tipo de tarefa pertencente ao objeto de estudo.

### **2º) Momento Exploratório**

É o momento em que o aprendiz explora tarefas pertencentes ao tipo de tarefa do estudo que ele está realizando e, com isso, pode desenvolver pelo menos uma técnica para resolver esse tipo de tarefa.

### **3º) Momento do Trabalho da técnica**

Neste momento, a técnica é trabalhada com o intuito de se perceber sua extensão, validade, e precisão. Podem surgir novas técnicas ou ela pode ser aperfeiçoada e ampliada. Além disso, a necessidade de um discurso tecnológico que justifique e explique porque a técnica pode ser usada para resolver aquele tipo de tarefa pode surgir.

### **4º) Momento Tecnológico-teórico**

Neste momento é desenvolvido o discurso tecnológico e teórico que respaldam a utilização da(s) técnica(s) desenvolvida(s) no momento anterior.

### **5º) Momento da Institucionalização**

Neste momento, a OP estudada é institucionalizada, passa do aspecto informal para o formal, os blocos prático e teórico são formalmente constituídos, de maneira lógica e coesa de acordo com a instituição que respalda a OP em questão.

### **6º) Momento da Avaliação**

Momento em que se avalia o entendimento sobre a OP em questão. É posto à prova o uso da técnica e o conhecimento do bloco teórico por trás da técnica.

Apesar de aparentemente os momentos didáticos seguirem a ordem apresentada, eles não precisam ser vivenciados nesta ordem durante um processo de estudo. Contanto que todos eles estejam presentes, um indivíduo conseguirá construir de forma adequada a OP estudada.

“É pertinente destacar que a TAD concebe os momentos didáticos, ou momentos de estudo, como vivências necessárias para que um indivíduo consiga dominar um determinado conhecimento, pois somente a partir da vivência destes momentos é que o indivíduo consegue construir a práxis e o logos sobre o conhecimento em questão” (Diogo, Osório e Silva, 2007).

Note-se ainda que os três primeiros momentos didáticos apresentados abordam a construção do bloco prático da OP estudada, enquanto que o quarto momento se refere à construção do bloco teórico. Os últimos dois momentos, por sua vez, dão conta de tornar coesos esses dois blocos e de avaliar sua construção.

É importante destacar que os momentos didáticos são vivências que devem ser experimentadas por qualquer pessoa que esteja em um estudo, no sentido que destacamos anteriormente, ou seja, que eles não se restringem às sequências didáticas preparadas pelos professores ou propostos pelos livros didáticos, no ambiente escolar. Assim, essa concepção extrapola os limites da escola e do trabalho do professor, ela pode ser vivenciada sozinha pela pessoa que estuda ou com o auxílio de outra pessoa que pode ser um professor ou alguém que conheça a OP a ser estudada.

Os momentos didáticos constituem uma ferramenta de análise das OPD presentes em diversos meios. Existem trabalhos que utilizam os momentos didáticos como ferramenta para a análise de sequência didática (Diogo, Osório e Silva, 2007), de livros didáticos (Poisson, 2011) e material de apoio ao professor e currículo (Barbe et al, 2005). Entretanto, neste trabalho, como já dito, apenas o aspecto estrutural da TAD – a praxeologia- será usado com o objetivo de analisar dois livros didáticos, um de Física e outro de Química, que abordam a equação de Clapeyron.

### **Comparação entre organizações praxeológicas relacionadas à equação de Clapeyron presentes em livros didáticos de física e de química do ensino médio**

A seguir será analisado, utilizando-se o aspecto estrutural da TAD, o conteúdo relativo à equação de Clapeyron, conforme a sua apresentação em um livro didático tradicional de física e outro de química do ensino médio, ambos recomendados pelo Programa Nacional de Livros do Ensino Médio (PNLEM). A análise tem como intuito revelar razões para que este mesmo conteúdo apareça em livros didáticos de disciplinas distintas do ensino médio. A carga curricular de cada uma destas disciplinas do ensino médio é bastante extensa e o que se espera é encontrar um bom motivo para a inserção do mesmo tópico em dois momentos diferentes da vida escolar do aluno. Se, por um lado, pode-se argumentar a favor de seu aparecimento em duas disciplinas como uma oportunidade extra que o aluno tem de aprender ou, ainda, como um reforço daquilo que já foi visto; por outro lado, existe o argumento de que este tempo adicional poderia ser usado para um trabalho mais aprofundado de outros tópicos. A hipótese que se levanta é de que não deve haver uma razão didática relevante para esta duplicação de conteúdos, mas que este duplo aparecimento deve ser fruto do percurso de didatização sofrido pelo saber sábio até que se torne saber a ensinar. Percurso no qual a desfragmentação do saber sábio em disciplinas escolares foi feita sem uma observação atenta que pudesse detectar esta duplicação. Supomos que esta desfragmentação deve ter sido feita por instituições diferentes, ligadas ao ensino de física e de química respectivamente, e que não conversaram entre si e, assim, não analisaram o que a outra já havia feito ou estava fazendo.

Vimos na introdução do trabalho, que a transposição didática interna, aquela na qual o professor trabalha, tem como ponto de partida os livros didáticos e programas. Sendo assim, uma compreensão mais apurada dos livros didáticos poderá contribuir para que este trabalho seja feito de modo mais consistente com o projeto de ensino. Em particular, as tarefas, técnicas e tecnologias, relativas à equação de Clapeyron e presentes no livro de química, são dados que poderão ser levados em consideração no momento em que o professor de física trabalhar na TD interna, e vice-versa.

Os livros escolhidos para análise foram:

*Tópicos de Física* – NEWTON, HELOU, GUALTER, volume-02, editora Saraiva, 2007

*Química* – OLÍMPIO, EDUARDO, RUTH, volume único, editora Ática, 2010

Antes de descrever e analisar os elementos praxeológicos dos livros didáticos escolhidos, convém ilustrar algumas das abordagens esperadas em relação ao bloco teórico da equação de Clapeyron. As pesquisas que inspiraram o trabalho e usaram o aspecto estrutural da TAD para a análise de livros didáticos foram apresentadas nos artigos de Kurnaz e Arslan (2010) e Poisson (2011). Poisson usa o conceito de *praxeologia de referência* para o conteúdo de derivada de função polinomial, praxeologia esta que envolve tarefas, técnicas, tecnologia e teoria. Para Poisson, esta seria a praxeologia mais completa para este conteúdo específico e a praxeologia aceita e já consagrada pela comunidade científica. O que ela faz, então, é comparar a praxeologia utilizada em três livros didáticos de cálculo para função polinomial com esta que ela chama de praxeologia de

referência e, a partir daí, analisar a pertinência e adequação dos livros aos respectivos públicos a que se destinam.

Nosso trabalho não tem a pretensão de definir uma praxeologia de referência para a equação de Clapeyron, mas a introdução de elementos que poderão estar presentes na tecnologia e na teoria da praxeologia relacionada a este conhecimento, poderão auxiliar a posterior análise e comparação das abordagens deste conteúdo entre os dois livros escolhidos.

#### *Elementos que podem estar presentes na tecnologia ( $\theta$ ) associada à equação de Clapeyron*

As pesquisas de Boyle, Gay-Lussac e Charles, entre outros, mostravam, empiricamente que,  $\frac{P}{T}$  permanecia constante em transformações gasosas à volume constante, que  $\frac{V}{T}$  permanecia constante em transformações gasosas à pressão constante e, finalmente, que  $P \cdot V$  permanecia constante em transformações gasosas à temperatura constante. Foi observado ainda que, quanto maior fosse a temperatura do gás real e menor fosse a sua pressão (mais rarefeito), tanto mais constante permaneciam estas relações. Finalmente, os experimentos mostravam, ainda, que esta constante era proporcional à quantidade (N) de moléculas de gás. A união dos resultados acima pode ser escrita da forma  $\frac{P \cdot V}{T} = k \cdot N$ , na qual  $N = n \cdot 6 \times 10^{23}$  e “n” é o número de mols presente nesta amostra de gás e  $6 \times 10^{23}$  a quantidade de moléculas em um mol. Foi Clapeyron quem sintetizou estes resultados nesta equação, que levou, então, seu nome. A equação acima ainda pode ser escrita como:  $P \cdot V = k \cdot n \cdot 6 \times 10^{23} \cdot T$  ou  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$  onde  $k = \frac{R}{6 \times 10^{23}}$  é conhecida como constante de Boltzmann, e  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$  é a forma que a equação de Clapeyron costuma ser apresentada nos livros didáticos.

#### *Elementos que podem estar presentes na Teoria ( $\Theta$ ) associada à equação de Clapeyron*

A teoria que justifica esta lei fenomenológica é a mecânica estatística, mais especificamente a fórmula de Clapeyron pode ser deduzida da fórmula de pressão da teoria cinética dos gases e da função de distribuição de Maxwell-Boltzmann:

$P = \frac{N \cdot m \cdot v^2}{3V}$  (A) (Fórmula deduzida pelos princípios da teoria cinética dos gases e que relaciona pressão, volume, velocidade e massa da molécula do gás, para um gás perfeito)

e

$$f(v) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \cdot \left(\frac{m}{2kT}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot v^2 \cdot e^{-\frac{mv^2}{2kT}} \quad (\text{Distribuição de Maxwell-Boltzmann})$$

Da mecânica estatística:

$$(v^2)_{med} = \int_0^{\infty} v^2 \cdot f(v) dv = \frac{3kT}{m} \quad (B)$$

substituindo (B) em (A), tem-se:

$$P = \frac{N m v^3}{3V} = \frac{N m}{3V} \cdot \frac{3kT}{m} \Rightarrow P \cdot V = N \cdot k \cdot T = n \cdot N_A \cdot k \cdot T = n \cdot R \cdot T$$

$\Rightarrow P \cdot V = n \cdot R \cdot T$  (Equação de Clapeyron)

Uma vez que a equação (A) para pressão é válida apenas para um gás PERFEITO, conclui-se que a equação de Clapeyron só é válida para esta classe de gases. Lembrando que, empiricamente, observou-se que a relação  $\frac{P \cdot V}{T}$  era tanto mais constante quanto maior fosse a temperatura e menor fosse a pressão do gás REAL, conclui-se que um gás real se comporta de uma maneira cada vez mais próxima ao comportamento de um gás perfeito, quanto maior for sua temperatura e menor for a sua pressão. Isto se explica pelo fato do modelo do gás perfeito assumir como hipóteses que as moléculas individuais do gás não interagem entre si, exceto nas colisões, e ainda que estas moléculas não ocupam volume algum, ou seja, são pontuais. Ora, quanto menor for a pressão do gás real, mais rarefeito ele será e, portanto, menos moléculas estarão presentes naquela amostra em particular. Menos moléculas significa menor volume ocupado pelas moléculas e, assim, pressão baixa faz com que o gás real se aproxime da condição de moléculas individuais não ocuparem volume, condição exigida pelo modelo de gás perfeito. Por outro lado, quanto maior a temperatura do gás real, maior também será a velocidade individual de cada molécula e menor o efeito da interação de natureza elétrica entre elas. Deste modo, uma maior temperatura faz com que o gás real sofra menos o efeito da interação quando as moléculas se aproximam uma das outras, o que faz a temperatura elevada servir como condição de não interação entre moléculas, condição que também é exigida pelo modelo do gás perfeito.

#### *Tipos de Tarefas (T) e Técnicas ( ) relativas à equação de Clapeyron presentes no livro de Física*

Uma observação importante é que as tarefas apresentadas abaixo poderiam, em princípio, ser divididas em subtarefas, porém preferiu-se não levar em conta esta subdivisão para zelar pela inteligibilidade do trabalho. Alguns autores poderiam inclusive nomear estas tarefas de problemas, argumentando que cada um destes problemas é composto por vários tipos de tarefas, no entanto, para o fim que este trabalho se destina é suficiente que se chame de tarefa os diferentes tipos de exercícios e questões propostas em cada um dos livros investigados.

**TF<sub>1</sub>**) Dados a massa, a massa molar, a temperatura, o volume e a constante R, calcular a pressão exercida pelo gás ideal.

**τF<sub>1</sub>**) Utilizar a equação de Clapeyron para o cálculo da pressão e a fórmula que relaciona a massa com a massa molar para o cálculo do número de mols:  $n = m/M$

**TF<sub>2</sub>**) Dados o número de mols, a temperatura, o volume e a constante R, calcular a pressão exercida pelo gás ideal.

**τF<sub>2</sub>**) Utilizar a equação de Clapeyron para o cálculo da pressão.

**TF<sub>3</sub>**) Dados o número de mols, a temperatura, a pressão e a constante R, calcular o volume ocupado pelo gás ideal.

**τF<sub>3</sub>**) Utilizar a equação de Clapeyron para o cálculo do volume.

**TF<sub>4</sub>**) Dados o número de mols, a pressão, o volume e a constante R, calcular a temperatura do gás ideal.

**τF4)** Utilizar a equação de Clapeyron para o cálculo da temperatura.

**TF5)** Dada uma tabela com duas amostras distintas do mesmo gás (suposto perfeito), com valores de pressão, volume, massa e temperatura, preencher a lacuna para a temperatura da segunda amostra.

**τF5)** Utiliza-se a equação de Clapeyron duas vezes, uma para cada amostra. Para a primeira amostra a tabela está completa, o que possibilita descobrir-se a razão (R/M) entre a constante de Clapeyron e a massa molar do gás. Substitui-se então o valor encontrado para esta razão na equação de Clapeyron para a segunda amostra, o que possibilita o cálculo requisitado da temperatura desta segunda amostra.

**TF6)** Dados a temperatura, o volume, a pressão e a constante R e o número de Avogadro, calcular o número de moléculas presentes na amostra de gás ideal.

**τF6)** Utilizar a equação de Clapeyron para o cálculo do número de mols. Depois fazer regra de três, lembrando que um mol corresponde ao número de Avogadro de moléculas.

**TF7)** Um recipiente que contém um gás ideal tem sua temperatura aumentada de tal forma que o gás, ao se expandir, escapa por uma válvula presente no recipiente, mantendo assim sua pressão constante. O recipiente é suposto indeformável, ou seja, de volume constante. São dados: as temperaturas iniciais e finais e é requisitado que se calcule a fração do gás que escapou do recipiente.

**τF7)** Utiliza-se a equação de Clapeyron para a temperatura inicial e depois para a temperatura final, isolando-se o número de mols (diferente em cada situação) antes e depois. Divide-se o número de mols final pelo inicial e, como P.V/R tem o mesmo valor antes e depois, a divisão entre os números de mols final e inicial será igual à razão entre as temperaturas inicial e final, respectivamente:

$$\frac{n_{final}}{n_{inicial}} = \frac{\frac{PV}{RT_{final}}}{\frac{PV}{RT_{inicial}}} = \frac{T_{inicial}}{T_{final}}$$

Desta forma, calcula-se a razão de mols que sobrou no recipiente, em relação ao que havia. Mas como o problema pede o cálculo da fração do gás que escapou, a resposta final será a fração calculada.

**TF8)** Exercício literal que pede para escrever a relação que representa a densidade absoluta de um gás perfeito.

**τF8)** Escreve-se a equação de Clapeyron em função da massa e da massa molar em vez do número de mols:  $P.V = m.R.T/M$ , depois isola-se o  $m/V$ , que é a relação requisitada pela tarefa.

**TF9)** Dados a força (peso) e a área de um êmbolo que comprime um gás ideal num compartimento fechado, o número de mols, a temperatura e a constante R, calcular o volume do compartimento onde se encontra o gás ideal.

**τF9)** Utilizar a fórmula que relaciona força e área para calcular a pressão  $P = F/A$ . Substitui-se a pressão calculada na equação de Clapeyron para calcular o volume do gás ideal. O volume do compartimento (requisitado) é igual ao volume ocupado pelo gás.

**TF10)** Num recipiente cilíndrico reto, onde está aprisionado um gás ideal, o êmbolo móvel que o veda está acoplado a uma mola ideal que, por sua vez, está comprimida. São dados: a massa do êmbolo, a constante elástica da mola, o valor da aceleração da gravidade, o valor da deformação da

mola, a altura do recipiente, o número de mols, a constante R e pede-se para calcular o valor da temperatura do gás.

**τF10)** Escreve-se a equação de forças para o êmbolo que está em equilíbrio

$F_{\text{gás}} + \text{Peso do êmbolo} = F_{\text{elástica}}$

$\Rightarrow F_{\text{gás}} = F_{\text{elástica}} - \text{Peso do êmbolo}$

A  $F_{\text{elástica}}$  pode ser calculada por  $k \cdot x$  e a força peso por  $P = m \cdot g$ , assim descobre-se o valor de  $F_{\text{gás}}$ .

Escreve-se a equação de Clapeyron em função da força em vez de pressão:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Lembrando que o volume do cilindro é calculado por  $V = A \cdot h$  e que a pressão pode ser calculada por  $P = F/A$ , assim tem-se:

$\Rightarrow P \cdot A \cdot h = n \cdot R \cdot T$

$\Rightarrow F_{\text{gás}} \cdot h = n \cdot R \cdot T$

$F_{\text{gás}}$  já foi calculado acima e  $h$ ,  $n$  e  $R$  são dados do problema, o que permite o cálculo da temperatura.

Além dos tipos de tarefa (T) descritos acima, muitos outros tipos de tarefas relacionando a equação de Clapeyron com o conceito de força e com outros conceitos de física aparecem no restante deste capítulo do livro de física analisado.

### *Tipos de Tarefas (T) e Técnicas (τ) relativos à equação de Clapeyron presentes no livro de QUÍMICA*

Os primeiros exercícios sobre equação de Clapeyron no livro de química contêm tipos de tarefa idênticos àquelas que aparecem nos primeiros problemas do livro de física. Mais especificamente, as tarefas do tipo TF<sub>1</sub> até TF<sub>7</sub> apresentadas acima para o livro de física, estão também presentes no livro de química. Já as tarefas do tipo TF<sub>9</sub> e TF<sub>10</sub> envolvem particularidades da física e, portanto, não aparecem no livro de química. A tarefa do tipo TF<sub>8</sub>, apesar de não aparecer no livro de química investigado neste trabalho, adequa-se também ao tipo de tarefa que poderia surgir em livros de química, uma vez que densidade também é tópico comum às duas disciplinas.

Além destas, no livro de química aparecem os seguintes tipos de tarefa e técnicas:

**TQ<sub>1</sub>)** Dada a mistura de dois gases, é requisitado que se calcule a pressão parcial de cada um deles. São dados: a massa de cada amostra, a massa molar de cada elemento, o volume do recipiente, a constante R e a temperatura em que se encontram.

**τQ<sub>1</sub>)** Calcular o número de mols de cada amostra pela fórmula  $n = m/M$  e depois calcular a pressão de cada gás utilizando a equação de Clapeyron, lembrando que o volume utilizado na equação para cada um dos gases da mistura é o mesmo, que tem o mesmo valor do volume do recipiente.

**TQ<sub>2</sub>)** Dada a mistura de dois gases, é requisitado que se calcule a pressão parcial de cada um deles. São dados: a massa de cada amostra, a massa molar de cada elemento e a pressão total da mistura.

**τQ<sub>2</sub>)** Calcula-se o número de mols em cada gás presente na mistura e soma-se para descobrir o número total de mols. Daí faz-se uma regra de três para a pressão parcial, que está para o número de mols parcial assim como a pressão total está para o número total de mols, lembrando-se ainda que a soma algébrica das pressões parciais tem o mesmo valor da pressão total.

**TQ<sub>3</sub>)** Cálculo da massa de um produto liberada em uma reação química gasosa. São dados: pressão, volume e temperatura de um dos reagentes, a massa molar do produto, a constante R e a equação química que governa a reação entre os gases.

**τQ<sub>3</sub>)** Calcula-se o número de mols do reagente em questão, faz-se o balanço estequiométrico da reação para determinar o número de mols do produto. Em posse do número de mols do produto e de sua massa molar, utiliza-se a fórmula  $n = m/M$  para o cálculo de sua massa.

Além dos tipos de tarefa descritos acima, muitos outros tipos de tarefas relacionando a equação de Clapeyron com pressão parcial de mistura, cálculos estequiométricos e outros conceitos de química aparecem no restante deste capítulo do livro de química analisado.

### **Análise dos dados e considerações finais**

O livro de química apresenta tarefas que incluem o cálculo da pressão parcial dos componentes da mistura. Além destas, apresenta tarefas que precisam de cálculos estequiométricos, ambas não presentes no livro de física. Este, por sua vez, apresenta tarefas que exigem conhecimento da relação entre pressão e força, além das fórmulas para cálculo de forças peso e elástica. Parece, assim, que ambos os livros procuram propor problemas que relacionam tarefas relativas à equação de Clapeyron com tarefas de outras áreas da disciplina. Neste sentido, nossa suposição inicial de que a análise praxeológica seria idêntica em ambos os livros se mostrou um pouco ingênua, uma vez que existem tipos de tarefas (T) bastante diferentes nos dois casos. Não obstante, parece haver um núcleo comum aos dois livros. As tarefas iniciais dos dois são do mesmo tipo. Elas parecem ter o intuito de familiarizar o aluno com a equação, com os conceitos a ela relacionados, sua validade e as unidades de medida. Este núcleo comum valida nossa hipótese de que houve a duplicidade devido à falta de comunicação entre as instituições, pois talvez não haja necessidade de uma abordagem completa da equação de Clapeyron em ambas as disciplinas. Para o professor que estiver incumbido de ensiná-la pela segunda vez, pode ser suficiente apenas uma revisão daquilo que já foi abordado na outra disciplina e, a partir daí, iniciar as aplicações particulares da disciplina em questão, ou seja, contextualiza-la à disciplina em que a equação ainda não foi estudada.

As particularidades de aplicação em cada disciplina mostraram que, no livro didático de cada uma, é de fato necessário que apareça, como é feito, todo desenvolvimento da equação de Clapeyron. Pecaria por falta de clareza um livro que iniciasse este tópico diretamente pelas aplicações específicas da disciplina, sem um desenvolvimento que ajudasse o aluno iniciante no assunto, a se guiar entre tarefas, técnicas e tecnologias relacionadas ao tema. No entanto, no processo de didatização interna, o professor deve estar ciente de que aquele conteúdo já foi ensinado ou será ensinado, conforme o caso, na outra disciplina, ou seja, deve estar ciente do “núcleo” comum.

Um forte argumento em favor da inserção do tema nas duas disciplinas é que a equação de Clapeyron, e, de forma mais geral, o conteúdo gás ideal ou perfeito, é parte integrante e fundamenta outros conceitos de física e também de química. Não tem, por exemplo, como um aluno compreender de forma ampla o conceito de mistura (tópico abordado em química) se não aprender

misturas de gases, que, por sua vez, só estará completa, caso os conceitos envolvidos na equação de Clapeyron estejam presentes. Este mesmo raciocínio vale, ainda em química, para o cálculo estequiométrico e, em física, para o conceito de pressão em hidrostática e todo o tópico de termodinâmica.

Vale destacar que as abordagens tecnológicas nos dois livros são bastante similares, o que é de se esperar, pois a história da ciência é uma só. As relações entre as variáveis de estado do gás foram pesquisadas numa época em que a separação da ciência ensinada na escola, em física e química, sequer existia. Como mencionado anteriormente, a equação de Clapeyron advém da combinação de leis empíricas observadas por Charles, Boyle, Lussac, entre outros, assim, a tecnologia que a explica é consagrada e aceita na comunidade científica, seja entre físicos ou químicos. No entanto, apenas a título de curiosidade, o livro de física nomeia de Lei de Charles e Gay-Lussac a transformação à pressão constante e de Lei de Charles a transformação a volume constante, enquanto que o livro de química não nomeia esta última transformação, não a atribuindo a nenhum pesquisador em particular. Aceitando-se as passagens oriundas da teoria cinética dos gases e da mecânica estatística como o bloco teórico associado às organizações praxeológicas relacionadas à equação de Clapeyron, conforme mencionado no item 3.2 deste artigo, verifica-se, então, que nenhum dos dois livros apresenta estas deduções. Isto já era esperado, pois a matemática subjacente a esta dedução foge do escopo algébrico do ensino médio.

Por fim, vale observar que as organizações praxeológicas associadas às tarefas dos tipos TF<sub>1</sub> à TF<sub>8</sub>, assim como as tarefas correspondentes encontradas no livro de química, pertencem a uma mesma praxeologia local, uma vez que comungam a mesma tecnologia, que é a tecnologia que explica e justifica a equação de Clapeyron. Já as organizações praxeológicas que se constroem a partir de TF<sub>9</sub>, TF<sub>10</sub>, TQ<sub>1</sub>, TQ<sub>2</sub> e TQ<sub>3</sub> não fazem parte desta praxeologia local, uma vez que requerem outros conceitos que não apenas a equação de Clapeyron, portanto, as organizações praxeológicas que contêm estes tipos de tarefas possuem tecnologias distintas da “tecnologia de Clapeyron”. Poderíamos assim dizer, usando a linguagem da TAD e da TD, que as *praxeologias locais* de Clapeyron deveriam ser suprimidas da *transposição didática interna* de uma das disciplinas. Talvez fosse suficiente que o professor que abordasse este tema pela segunda vez fizesse apenas uma revisão destas praxeologias locais e desse maior destaque às praxeologias contextualizadas na sua disciplina.

Segundo Mello (2011) em *Transposição Didática, Interdisciplinaridade e Contextualização*,

“o mundo não é disciplinar, e o conhecimento **sobre** o mundo foi dividido em disciplinas para que se pudesse dar conta de sua complexidade. Mas para que o conhecimento sobre o mundo se transforme em conhecimento **do** mundo, isto é, em competência de compreender, prever, extrapolar, agir, mudar, manter, é preciso reintegrar as disciplinas num conhecimento não fragmentado, é preciso conhecer os fenômenos de modo integrado, inter-relacionado e dinâmico (Mello, 2011, p.5).”

Um extremo do recurso da fragmentação poderia ser ilustrado por um aluno que finalizasse seus estudos no ensino médio saindo com a concepção equivocada de que existe um gás ideal em química e outro em física e que talvez o mesmo nome seja apenas uma coincidência. O que se deseja, por outro lado, é que o aluno não apenas saiba que se trata do mesmo conceito, como também a razão pela qual este conceito está inserido em duas disciplinas escolares. Além disso, deseja-se que ele tenha ciência que essa duplicidade é uma necessidade oriunda do fato deste conceito fundamentar outros saberes, tanto em química quanto em física e que, apesar dos conceitos, fórmulas e variáveis serem as mesmas, sua contextualização pode ser feita tanto em relação aos fenômenos físicos quanto químicos. Por fim, perceba que estas duas ciências são, em última análise, uma invenção humana, uma separação que o ser humano achou necessária para que as crianças pudessem compreender um conhecimento sobre o mundo. A fragmentação não deixa de ser um dos recursos da didatização, que transforma o saber científico em saber ensinável, acessível. Mas a transposição didática interna trabalhada pelo professor deve lançar mão de seu outro recurso, a

vigilância epistemológica, a fim de que os estudantes percebam a inseparabilidades dos fenômenos naturais e assim possam ter uma melhor compreensão do mundo em que vivem.

## Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer aos professores Maurício Pietrocola e Elio Carlos Ricardo, ao oferecerem a disciplina de pós-graduação da Faculdade de Educação da USP “*Didática das Ciências Experimentais*” no 2º semestre de 2011, que incentivaram e ministraram as discussões, sem as quais não seria possível escrevermos esse artigo. Além disso, agradecemos especialmente ao Elio pela leitura crítica do texto.

## Referências

- Alves, J. F. P. (2000). Regras de Transposição Didática Aplicada ao Laboratório Didático. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, V.17, n.2, p174-188.
- Astolfi, J. P. (1988). El Aprendizaje de Conceptos Científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. *Enseñanza de las Ciencias*, vol.6, n.2, pp.147-155.
- Barbe, J. ; Bosch, M. ; Espinoza, L. ; Gascon, J. (2005). Didactic restrictions on the teacher’s practice: the case of limits of functions in spanish high schools. *Educational Studies in Mathematics*, vol. 59, n.1-3, p. 235-268.
- Boas, N. V; Doca, R. H.; Biscuola, G.J. (2007). *Tópicos de Física – volume-02*, editora Saraiva, 20ª edição.
- Brockington, G.; Pietrocola, M. (2005). Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? *Investigações em Ensino de Ciências*, V.10(3), p. 387-404.
- Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Reserches en Didactique des mathématiques*, vol.7, n° 2, pp. 33-115. Grenoble.
- Chevallard, Y. (1999). El análisis de las prácticas docentes en la teoría antropológica de lo didáctico. *Reserches en Didactique des mathématiques*, vol.19, n2, pp.221-266.
- \_\_\_\_\_. (1991). *La Transposición Didáctica: Del saber sábio al saber enseñado*. Buenos Aires: Aique Grupo Editor.
- \_\_\_\_\_. (2007). Readjusting Didactics to a Changing Epistemology, *European Educational Research Journal*, 6(2), 131-134. Disponível em <http://dx.doi.org/10.2304/eeerj.2007.6.2.131>.
- Diogo, R. C.; Osório, A. S.; Silva, D. R. R. (2007). *A Teoria Antropológica do Didático: Possibilidades de Contribuição ao Ensino de Física*. In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis - SC.
- Kuhn, T. (1962). *A Estrutura das Revoluções Científicas*. Editora Perspectiva, 6ª edição, São Paulo.
- Kurnaz, M.A.; Arslan, A.S. (2010). Praxeological analysis of the teaching conditions of the energy Concept. *Cypriot Journal of Education Sciences*, vol. 5, n.4, pp.233-242.
- Mello, G. N. (2011). Disponível em: <http://www.namodemello.com.br/pdf/escritos/outros/contextinterdisc.pdf>, acesso em 05/12/2011.

Moreira, M. A. (2002). A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Pesquisa nesta Área. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol.7(1), p.7-29.

Poisson, C. (2011). *Mathematical and Didactic Organization of Calculus Textbooks-Extended Project in the Department of Mathematics and Statistics*. Dissertação de Mestrado, Concordia University.

Ricardo, E. C. (2003). *As Relações com os Saberes nas Situações Didáticas e os Obstáculos à Aprendizagem*. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 15, Curitiba. Atas do XV SNEF, p. 586-592.

Ricardo, E. C. (2005). *Competências, Interdisciplinaridade e Contextualização: dos Parâmetros Curriculares Nacionais a uma compreensão para o ensino das ciências*. Tese de Doutorado - UFSC, Florianópolis.

Silva, B. A. (1999). *Contrato didático*. In: MACHADO, S. Dias A. *Educação matemática: uma introdução*. São Paulo: EDUC, p.43-64.

Silva, E. R.; Nóbrega, O.; Silva, R. H. (2010). *Química* – volume único, editora Ática, 1ª edição.

Recebido em: 29.03.12

Aceito em: 01.04.14