

O ENSINO DA DILATAÇÃO TÉRMICA COM VISTAS À APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

MEANINGFUL LEARNING APPROACH FOR TEACHING THERMAL EXPANSION

Jonas Cegelka da Silva^I 

Isabel Krey Garcia^{II} 

^IInstituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFAR), Santa Rosa, RS, Brasil. Doutor em Educação em Ciências. E-mail: jonas.silva@iffarroupilha.edu.br

^{II} Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil. Doutora em Ensino de Física. E-mail: ikrey69@gmail.com

Resumo: Com vistas a uma aprendizagem significativa sobre a dilatação térmica, esta investigação foi desenvolvida, tomando como ponto inicial o conhecimento prévio dos alunos. O estudo foi realizado em uma turma de segundo ano do ensino médio do curso técnico integrado em edificações, de uma instituição pública da cidade de Santa Rosa/RS. O objetivo com sua implementação é proporcionar aos alunos uma aprendizagem significativa dos fenômenos cotidianos sobre a dilatação térmica. A partir do conhecimento prévio dos alunos, o material instrucional foi elaborado buscando abarcar conceitos já estabelecidos, bem como levantar novos questionamentos. Ao final da instrução, foi aplicada uma prova que versava sobre calor, temperatura, energia interna e dilatação térmica. Como resultado dessa proposta, identificamos, em diversos momentos, que os alunos construíram novos significados, incorporando às suas estruturas cognitivas, proposição e conceitos novos, da mesma forma que elaboraram e diferenciaram conceitos em termos de detalhe e especificidade.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa. Avaliação. Conhecimento Prévio. Dilatação Térmica. Ensino-Aprendizagem.

Abstract: This paper presents a meaningful learning approach for teaching thermal expansion; the starting point thereof is the students' previous knowledge. The study was carried out in a second year high school class integrated with building and construction design vocational training in a public institution of Santa Rosa/RS. The goal of this approach is to provide to the students meaningful learning by using everyday life phenomena cases related to thermal expansion. From students' previous knowledge, the instructional material was elaborated covering well-established concepts and new scientific questions. A quiz about heat, temperature, internal energy and thermal expansion was applied at the end of instruction. As a result



DOI: <https://doi.org/10.31512/vivencias.v15i29.76>

Recebido em: 25.07.2019

Aceito em: 03.10.2019



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NonComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

of this approach, we observed, in many moments, that students built new meanings embodied to their cognitive structures, proposition and new concepts, the same way that they elaborated and differentiated concepts in terms of details and specificity.

Keywords: Meaningful Learning. Assessment. Previous Knowledge. Thermal Expansion. Teaching-learning.

1 Introdução

Muito se tem dito sobre a necessária mudança na educação, especialmente a básica, seja em termos de currículo, de metodologias e de avaliação, com fins a uma formação mais crítica, construtiva, humana e emancipatória, ante aquela que, quase de forma unânime, resulta apenas em uma aprovação em uma universidade, por meio do Exame Nacional do Ensino Médio.

Nessa perspectiva de formação global, a aprendizagem significativa, à luz da teoria ausubeliana, em contraposição à aprendizagem mecânica, é desejável, de acordo com Moreira (2009), por facilitar a aquisição de significados, na medida em que o sujeito consegue relacionar, de forma não arbitrária e não literal a nova informação a ser aprendida com qualquer estrutura cognitiva apropriada e relevante disponível em sua estrutura cognitiva (AUSUBEL, 2003).

Essa estrutura cognitiva “é singular, idiossincrásica e complexa, e nela constam as afirmações e os conceitos que o indivíduo previamente aprendeu, mas onde também está plasmada toda a componente afetiva do indivíduo e o resultado de todas as suas ações e vivências” (VALADARES, 2011, p. 36). Isso significa que a aprendizagem de cada indivíduo é particular, fruto de suas vivências e de suas ações.

Considerar que o sujeito carrega uma bagagem de conhecimento construído ao longo de sua vida implica colocar seu conhecimento prévio como determinante no processo de aprendizagem. Disso decorre que o âmage do processo da aprendizagem significativa “consiste no fato de que novas ideias expressas de forma simbólica (a tarefa de aprendizagem) se relacionam àquilo que o aprendiz já sabe [...] de forma não arbitrária e não literal, e que o produto desta interação ativa e integradora é o surgimento de um novo significado” (AUSUBEL, 2003, p. 71).

Com vistas a uma aprendizagem significativa dos alunos sobre a dilatação térmica, desenvolvemos uma investigação que tomou como ponto inicial seus conhecimentos prévios. O estudo foi realizado em uma turma de segundo ano do ensino médio do curso técnico integrado em edificações, de uma instituição

pública da cidade de Santa Rosa/RS, no ano de 2017. O conteúdo de dilatação térmica, além de compor a ementa da disciplina de física, tem grande relevância para o curso, uma vez que implica na escolha de materiais construtivos e de técnicas específicas, como por exemplo, daquelas empregadas na instalação de cerâmicas.

Considerando isso, este trabalho busca responder ao seguinte questionamento: quais as implicações para o favorecimento de uma aprendizagem significativa dos alunos sobre o conteúdo de dilatação térmica em uma proposta didática estruturada a partir de seus conhecimentos prévios? Desse questionamento decorre o nosso objetivo com a aplicação da proposta, que é proporcionar aos alunos uma aprendizagem significativa dos fenômenos cotidianos sobre a dilatação térmica, partindo de suas concepções prévias, fazendo-as convergirem ao conhecimento científico.

2 Referencial teórico

Uma vez que almejamos o favorecimento de uma aprendizagem significativa dos alunos sobre a dilatação térmica, cabe definirmos que, para que ela aconteça, duas condições devem ser satisfeitas: (i) o material a ser aprendido deve ser relacionável à estrutura cognitiva do aluno (subsunçores adequados) de maneira não arbitrária e não literal e; (ii) este deve manifestar uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não arbitrária o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999).

A construção de uma aprendizagem significativa ocorre, nesse sentido, “quando o material novo, idéias e informações que apresentam uma estrutura lógica, interage com conceitos relevantes e inclusivos, claros e disponíveis na estrutura cognitiva, sendo por eles assimilados, contribuindo para sua diferenciação, elaboração e estabilidade” (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 4). Ainda que aprendizagens significativa e mecânica não sejam dicotômicas, a primeira tem algumas vantagens importantes em relação à segunda: aquilo que o aluno aprende significativamente fica retido por mais tempo; o conhecimento subsumido resulta num aumento da diferenciação dos subsunçores; o conhecimento que não é recordado deixa um efeito residual nos conceitos relacionados e; aquilo que fora aprendido de forma significativa pode ser aplicado em uma grande variedade de novos problemas ou contextos (NOVAK, 2000).

Do ponto de vista ausubeliano, o favorecimento da aprendizagem significativa implica algumas tarefas fundamentais por parte do professor, as quais incluem: identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino; identificar quais subsunçores relevantes à aprendizagem do conteúdo o aluno

deveria ter em sua estrutura cognitiva; diagnosticar aquilo que o aluno já sabe e; ensinar, a partir de recursos e princípios, que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de maneira significativa (MOREIRA, 1999).

A aprendizagem de conceitos, como explicitada, corresponde a um processo no qual “uma pessoa é capaz de dotar de significado um material ou uma informação que lhe é apresentada, ou seja, quando “compreende” esse material; e compreender seria equivalente, mais ou menos, a traduzir algo para as suas próprias palavras” (POZO; CRESPO, 2009, p. 82).

Sustentando o referencial teórico de Ausubel, objetivamos compartilhar significados com os alunos, com vistas à aprendizagem significativa, do conteúdo de dilatação térmica. Este conteúdo é importante, especialmente no curso de edificações em função das diversas aplicações práticas como, “por exemplo, no dimensionamento de placas de concreto de um pavimento e das juntas de dilatação necessárias em função da variação volumétrica decorrente da variação de temperatura” (SATO; RAMOS, 2014, p. 83). As mudanças no tamanho dos corpos em função da variação de temperatura dependem da constituição do material do qual o corpo é feito. Este fenômeno, na área da construção civil, não deve ser desprezado, pois, “dependendo de sua magnitude, pode causar danos estruturais significativos e até irreversíveis” (PIZETTA; MASTELARO, 2014, p. 1).

Nesse sentido, desenvolvendo uma proposta pedagógica que faça convergir a física e a área técnica, nossa busca por indícios de aprendizagem significativa dos alunos para o conteúdo de dilatação térmica inclui a identificação de posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis; desenvolvimento, elaboração e diferenciação de conceitos, em termos de detalhe e especificidade; incorporação, à estrutura cognitiva, de proposições e conceitos novos e; aquisição de novos significados (SOBIECZIAK, 2017).

3 Metodologia

Como os sujeitos da nossa intervenção são alunos do curso técnico em edificações e, na parte prática, necessitam de conhecimentos relativos à dilatação térmica, buscamos delinear nossa investigação possibilitando que os mesmos modificassem suas estruturas cognitivas a partir de seus conhecimentos prévios. A turma na qual foi desenvolvida a proposta era formada por trinta e quatro alunos, no entanto, neste escrito, utilizamos os dados produzidos por apenas trinta¹ alunos em virtude de quatro deles não terem nos autorizado a fazê-lo.

1 O aluno A3 apresenta comprometimento do desenvolvimento neuropsicomotor e sua capacidade de atenção e memória está prejudicada, o que implicou que seus materiais,

Pautando nossas aulas a partir da bagagem conceitual dos alunos, pedimos para que se dividissem em sete grupos de quatro ou cinco componentes ($G1, G2, \dots, G7$) para responderem a oito questionamentos sobre o conteúdo de dilatação térmica. Para cada questão, foi destinado um tempo de dez minutos de discussão nos grupos e, depois, estas foram debatidas com a turma como forma de fazer o contraponto das respostas e levantar novos questionamentos. As questões foram elaboradas e apresentadas em um nível crescente de complexidade, resultando em uma externalização progressiva e integradora dos conhecimentos prévios e, a partir das respostas, foi elaborado o material instrucional.

Conforme o material instrucional fora sendo estudado em aula, realizamos algumas atividades experimentais, de cunho demonstrativo, como forma de ilustrar o fenômeno da dilatação térmica dos sólidos. Uma dessas atividades envolveu uma esfera que, à temperatura ambiente, passava perfeitamente por dentro de um aro metálico, mas que, quando aquecida, dilatava-se e não mais passava pelo aro e; a outra ilustrou o funcionamento de uma lâmina bimetálica. Essas atividades, embora de demonstração, buscaram enriquecer e diferenciar os subsunçores dos alunos externalizados nas questões de identificação dos conhecimentos prévios.

Ao longo do estudo do material instrucional, as aulas estiveram permeadas pelo diálogo, como forma de favorecer a aprendizagem significativa, sendo os alunos questionados continuamente sobre os fenômenos que envolvem a dilatação térmica, numa perspectiva relacional entre a teoria e a prática. Ao final da instrução, os alunos responderam, individualmente, uma prova que versava sobre calor, temperatura, energia interna e dilatação térmica. Esta prova foi composta por doze questões, que nos possibilitaram acompanhar a evolução conceitual dos alunos desde seus conhecimentos prévios, na interação com outros conhecimentos ao longo do material instrucional, até a externalização na prova.

Seguindo a proposta do artigo, desta prova analisaremos apenas as questões referentes à dilatação térmica, buscando indícios de aprendizagem significativa. Quando usarmos fragmentos de falas e/ou materiais produzidos pelos alunos, os denominaremos pelos símbolos $A1, A2, A3, \dots, A18$, nos referindo ao termo genérico aluno, como forma de preservar suas identidades. Passemos agora à análise dos dados.

inclusive os avaliativos, fossem diferenciados dos demais. Sendo assim, na análise dos dados, quando pertinente, faremos referência quanto à modificações realizadas em seus instrumentos.

4 Resultados e discussão

Das oito questões para identificação dos conhecimentos prévios dos alunos, as quais foram respondidas em pequenos grupos, apresentamos, a seguir, a análise de três delas.

Questão 1 (conhecimentos prévios)²: João precisa abrir um recipiente de conserva cuja tampa está emperrada. O recipiente é de vidro comum, e a tampa é de alumínio. Para facilitar a abertura, sugeriu-se que ele colocasse a tampa em um recipiente contendo gelo por alguns segundos e, imediatamente após afastar o recipiente, tentasse abri-lo. O procedimento sugerido vai favorecer a separação entre a tampa e o recipiente? Justifiquem.

Dos sete grupos formados, um deles (*G3*) não respondeu de forma coerente com a cientificamente aceita, afirmando que o procedimento sugerido não “facilitaria imediatamente, apenas algum tempo depois (até que o gelo derreta)”, o que pode indicar que estes alunos não têm subsunçores adequados para ancorar os conhecimentos de dilatação/contração térmica. Dois grupos, ainda que destaquem respostas parcialmente coerentes do ponto de vista científico, afirmando, por exemplo, que o procedimento descrito “não vai favorecer, pois é com o calor que se dilata o recipiente” (*G5*), não explicitam completamente a relação de que, neste caso, pode-se aquecer a tampa e resfriar o vidro.

Os demais quatro grupos deram respostas condizentes com a cientificamente aceita, afirmando, por exemplo, que o procedimento não favorece a abertura do vidro “pois diminuindo a temperatura os átomos vão se juntar, diminuindo o tamanho da tampa e deixando ela mais presa ao pote” (*G4*) e que “com o frio, a tampa se contrai e não é possível remove-la, já com o calor ocorre o contrário, a tampa se dilataria e a abertura seria possível” (*G2*). Essas respostas ilustram ancoradouros válidos para que ocorra a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora dos novos conhecimentos a serem aprendidos, o que pode favorecer a aprendizagem significativa.

Questão 2 (conhecimentos prévios): O que acontece quando duas substâncias metálicas diferentes são colocadas sobrepostas e sujeitas a uma mesma variação de temperatura? Façam um esquema a partir da figura.

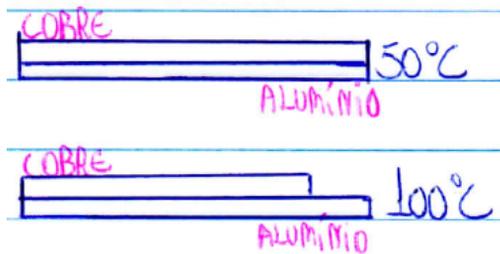


2 Questão adaptada de <http://fisicaeducacao.blogspot.com/2014/02/exercicios-resolvido-dilatacao-termica.html>. Acesso em: 2 out. 2018.

Dos sete grupos, três não fizeram nenhum esquema/representação para a questão, apenas descreveram o que acreditam que acontece com as lâminas depois de aquecidas. Essas respostas são parcialmente coerentes do ponto de vista científico na medida em que externalizam que a dilatação de cada uma das barras é dependente do material; isso fica ilustrado nas respostas: “ambas aquecem, mas a dilatação não é a mesma, pois eles possuem propriedades físicas diferentes” (G1) e “cada elemento vai alcançar uma temperatura diferente em um determinado tempo. As lâminas vão se dilatar em tamanhos diferentes” (G5). Por mais que essas repostas sejam corretas, consideramos que são incompletas na medida em que não explicitam como o conjunto se comporta conforme sua temperatura é alterada.

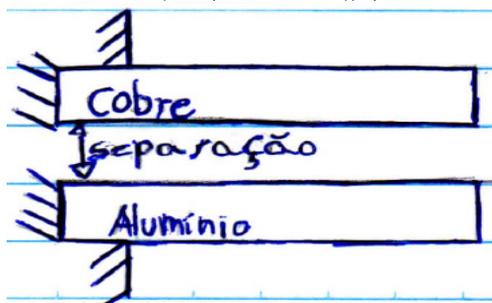
Os outros quatro grupos, ao mesmo tempo em que afirmam que as dilatações sofridas são diferentes, representam esquematicamente o que acontece com as lâminas. Dessas respostas, três entendimentos diferentes são representados. Duas respostas dizem respeito a uma variação diferente nos tamanhos das barras de cobre e de alumínio, de forma linear, tal como mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Representação da dilatação sofrida pela lâmina bimetalica, numa perspectiva linear, feita pelos alunos do grupo G4.



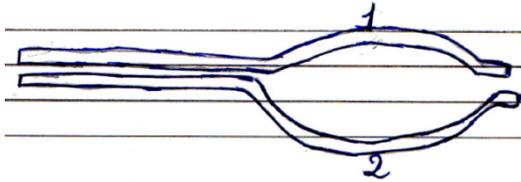
Outro tipo de representação diz respeito a uma separação (linear) entre as duas barras, em função da diferença de temperatura, tal como mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Representação da dilatação sofrida pela lâmina bimetalica, numa perspectiva de separação das barras, feita pelos alunos do grupo G3.



O terceiro tipo de representação, conforme a Figura 3 indica uma separação curvilínea entre as duas barras, em função da variação de temperatura.

Figura 3 – Representação da dilatação sofrida pela lâmina bimetálica, numa perspectiva de separação curvilínea. Fonte: material produzido pelo grupo G2.



Como se percebe das Figuras 1 a 3, podemos afirmar que os alunos têm alguns ancoradouros potenciais para o entendimento do funcionamento das lâminas bimetálicas, tais como que os corpos sofrem dilatações diferentes em função de suas diferentes propriedades. Contudo, estes devem ser diferenciados e enriquecidos, evoluindo ao entendimento correto do funcionamento desses dispositivos, com vistas a uma aprendizagem significativa.

Questão 3 (conhecimentos prévios): Um prego pode atravessar, sem folga, um orifício existente em uma placa metálica. Se o prego for aquecido ainda passará pelo orifício? Justifiquem.

Com respostas incoerentes do ponto de vista científico, dois grupos afirmaram que, mesmo depois de aquecido, o prego “passará com folga, pois o metal em contato com o prego começará a derreter” (G3), em função que “o metal absorve calor e suas moléculas se expandem facilitando a entrada do prego” (G7). Essas respostas não ilustram o real fenômeno que acontece, dando indicativos de que estes alunos não apresentam subsunçores adequados. Os demais cinco grupos, ainda que não explicitem o fato de a chapa não ter sido aquecida da mesma forma que o prego, afirmam, por exemplo, que “devido ao aquecimento, as moléculas do prego se expandem, tornando impossível a passagem do prego” (G1), o que demonstra uma relação adequada sobre o ocorrido.

Depois do estudo do material instrucional, os conhecimentos acerca do conteúdo de dilatação térmica foram solicitados em uma prova. Deste instrumento, passemos agora à análise de cinco questões.

Questão 1 (prova)³: Edificações com grandes extensões horizontais como pontes, linhas ferroviárias e grandes prédios são construídas em módulos, separados por pequenos intervalos denominados juntas de dilatação. Essas juntas são espaços reservados para o aumento de comprimento dos módulos, devido ao

3 Questão retirada de BONJORN, J. R.; BONJORN, R. A. Física: simuladão, s/d.

aumento de temperatura a que eles ficam submetidos. Os comprimentos desses intervalos devem ser:

- A. Diretamente proporcionais ao comprimento dos módulos.
- B. Independentes do coeficiente de dilatação linear do material.
- C. Independentes do comprimento dos módulos.
- D. Inversamente proporcionais ao coeficiente de dilatação linear do material.
- E. Inversamente proporcionais ao comprimento dos módulos.

Dos vinte e oito alunos que responderam esta questão (o aluno *A3* não a teve em sua prova em função de sua dificuldade no processo de interpretação e; do aluno *A5* não temos cópia da prova, em função do arquivo ter sido corrompido), dezoito responderam corretamente a letra A, indicando uma dependência diretamente proporcional entre os intervalos dos trilhos com seus respectivos comprimentos. Os outros dez alunos, assinalando as demais alternativas, não demonstraram um entendimento adequado sobre os fatores que influenciam direta ou indiretamente na dilatação térmica dos corpos.

Questão 2 (prova)⁴: Uma barra de ferro, homogênea, é resfriada de 60°C até 10°C. Sabe-se que a barra tem comprimento inicial de 5m e que o coeficiente de dilatação linear do ferro é $1,2 \times 10^{-5} \text{C}^{-1}$. O comprimento final da barra será de 5,003m, conforme resolução da questão que se encontra abaixo. Dos pontos de vista físico e matemático, analise a resolução: se estiver correta, comente; se estiver errada, faça a correção.

Numa perspectiva de avaliação ausubeliana (AUSUBEL, 2003), essa questão foi elaborada num contexto diferente daquele estudado em aula, seja pela forma não convencional de apresentação, seja pela solicitação no fenômeno contrário à dilatação, que é a contração térmica. Em função da complexidade da questão, em termos de relação entre o fenômeno e a resolução matemática, o aluno *A3* não a teve em sua prova. Também, outros quatro alunos não a responderam, o que não nos permite análise.

A questão teve um número significativo de erros (dezoito alunos), os quais podem ter ocorrido em virtude de os alunos não terem se dado conta que a barra foi resfriada, de modo que , o que indica que ela sofre uma contração ao invés de uma dilatação em seu comprimento. Uma resposta que ilustra isso é a mostrada na Figura 4. Observando esta figura, percebe-se que o aluno *A2* consegue externalizar de forma satisfatória o entendimento acerca da dilatação

4 Questão adaptada de TEIXEIRA, M. M. **Exercícios sobre dilatação linear**, s/d. Disponível em <https://exercicios.brasilecola.uol.com.br/exercicios-fisica/exercicios-sobre-dilatacao-linear.htm>. Acesso em: 2 out. 2018.

linear, porém não considera negativa a variação de temperatura sofrida pela barra, que resulta em uma contração térmica.

Figura 4 – Resolução da questão 2 da prova feita pelo aluno A2, expressando incorretamente que a temperatura da barra é reduzida e que, desta forma, ela sofre uma contração térmica.

$$L = L_0 + \Delta L \rightarrow L = L_0 + L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \rightarrow$$

$$L = 5 + (5.50 \cdot 1,2 \times 10^{-5}) \rightarrow L = 5 + 0,003 \rightarrow L = 5,003m \text{ Correta}$$

→ Procura-se o comprimento final
 → Para obter o comprimento final é preciso o inicial e a sua variação
 → C.I = 5m
 → $\Delta L = ?$
 → Fórmula = $\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$, onde
 L_0 - comprimento inicial
 α = seu coeficiente de dilatação
 ΔT - sua variação de temperatura
 → Todos foram corretamente aplicados

Dos sete alunos que acertaram a questão, apresentamos, na Figura 5, a resolução feita pelo aluno A1. Nela, é possível perceber que o mesmo reconhece que uma redução na temperatura da barra reflete em uma diminuição no seu tamanho, de modo que, como mostra o detalhe, . Resposta como esta nos indica indícios de aprendizagem significativa acerca da contração térmica por externalizar posse de significados claros, precisos e diferenciados; desenvolvimento, elaboração e diferenciação de conceitos, em termos de detalhe e especificidade, em decorrência de sucessivas interações; incorporação, à estrutura cognitiva, de proposições e conceitos novos e; aquisição de novos significados (SOBIECZIAK, 2017).

Figura 5 – Resolução da questão 2 da prova feita pelo aluno A1, indicando compreensão sobre a contração da barra quando a mesma é resfriada.

$$L = L_0 + \Delta L \rightarrow L = L_0 + L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \rightarrow$$

$$L = 5 + (5.50 \cdot 1,2 \times 10^{-5}) \rightarrow L = 5 + 0,003 \rightarrow L = 5,003m$$

Este sinal, pois a temperatura diminuiu, então o comprimento também deve diminuir.

$5 - 0,003 = 4,997m$

Questão 3 (prova): O que acontece com as moléculas de um corpo, quando este é aquecido? Justifique.

Esta questão foi proposta como forma de exigir dos alunos a externalização de seus conhecimentos acerca da dilatação térmica e da agitação molecular, numa perspectiva interacionista. No entanto, como este artigo apresenta exclusivamente

a dilatação térmica, analisamos na questão somente a parte referente a este conteúdo.

Apenas o aluno *A6* errou a questão, afirmando que “as moléculas se juntam e começam a vibrar, se dilatando, quanto mais aumentar a temperatura o calor interno também aumenta”. Consideramos que este aluno não conseguiu externalizar significados satisfatórios do ponto de vista científico uma vez que não demonstrou entendimento coerente entre o afastamento das moléculas e o respectivo aumento da sua energia cinética em função do incremento de temperatura.

Doze alunos deram respostas parcialmente coerentes do ponto de vista científico, de modo que duas respostas que ilustram essa categoria são que “quando são aquecidas as moléculas de um corpo se expandem, começam a trocar energia e se movimentar” (aluno *A4*) e “as moléculas, quando o corpo é aquecido, se expandem e agitam pois esse calor é energia” (aluno *A8*). Embora sejam respostas que relacionam o aumento de temperatura com a expansão, dão indicativo de que quem se expande são as moléculas, enquanto na verdade o que aumenta é a distância entre elas, o que caracteriza a dilatação do corpo.

Os demais dezesseis alunos deram respostas coerentes do ponto de vista científico, relacionando de maneira correta a expansão dos corpos com o respectivo incremento de temperatura. O aluno *A7*, por exemplo, destacou que “as moléculas se agitam, ficando assim mais separadas, o que faz com que o corpo aumente suas dimensões, se dilate”, relacionando o aumento da temperatura dos corpos com a agitação molecular e a respectiva expansão. De forma mais completa, o aluno *A9* argumentou que as moléculas “se afastam, dependendo do material vai ter um coeficiente de dilatação no qual vai dizer se as moléculas se afastarão a uma tal medida ou outra, assim, aumentando o corpo”, salientando satisfatoriamente a influência do coeficiente de dilatação dos corpos na proporção que o corpo irá se dilatar. Respostas como essas nos indicam indícios de aprendizagem significativa, em virtude de desenvolvimento, elaboração e diferenciação de conceitos, em termos de detalhe e especificidade (SOBIECZIAK, 2017).

Questão 4 (prova)⁵: Do ponto de vista físico, como você explicaria a seguinte situação: um motorista enche totalmente o tanque de seu carro com álcool e o estaciona ao sol na beira da praia. Ao voltar, verifica que certa quantidade de álcool derramou.

Esta questão foi proposta como forma de exigir dos alunos a relação entre a dilatação dos sólidos e líquidos, com a respectiva dependência dos coeficientes de dilatação nesses estados físicos. Dos vinte e nove alunos, um não respondeu,

5 Questão adaptada de GOMES, J. **Estudo da física**: dilatação térmica. Disponível em: <http://www.fisicafacil.pro.br/simuladilata.html>. Acesso em: 2 out. 2018.

cinco responderam de forma incoerente do ponto de vista científico, vinte e dois de forma parcialmente coerente e um de forma satisfatória.

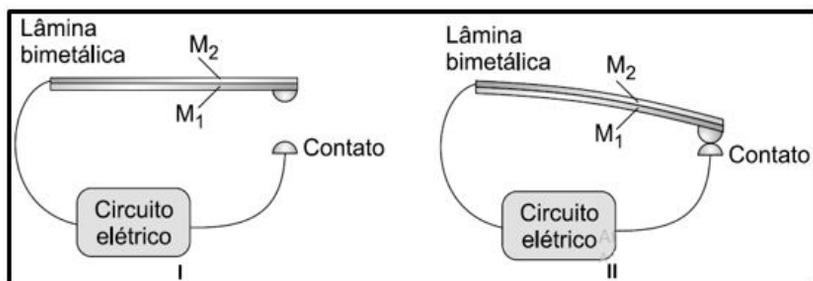
Daqueles alunos que deram respostas incoerentes, destacamos dois deles. Para o aluno *A11*, “ao encher o tanque do veículo com álcool e o deixar exposto ao sol, o álcool com a temperatura elevada (na beira praia), começa a aquecer a lataria, fazendo com que o álcool comece a evaporar, consequentemente diminuindo a quantidade de combustível do automóvel”; já o aluno *A10* justificou que “quando o lado do carro e o carro em si aumentou de temperatura, aqueceu a gasolina que passou do estado líquido para o gasoso por meio da dilatação”. Ambas as respostas indicam a mudança de estado físico ocorrida com o álcool, o que não é relevante nesta questão, uma vez que a dilatação, neste caso, não provoca alteração nos estados.

As respostas parcialmente corretas do ponto de vista científico incluem que “quando o álcool é aquecido ele aumenta de volume, assim fazendo seu volume ficar maior e acabando transbordar o tanque” (aluno *A12*) e “o motorista encheu totalmente o tanque com álcool, com o aquecimento do sol, o líquido aumentou seu volume, assim transbordando do tanque” (aluno *A13*). Essas respostas foram categorizadas como parcialmente corretas por não relacionarem a maior dilatação dos líquidos em relação aos sólidos, motivo pelo qual ocorre o transbordamento do álcool.

Com uma justificativa completa em relação a isso, o aluno *A14* argumentou corretamente que “ao estacionar o carro no sol ele será aquecido, sua lataria aquecerá até o tanque de combustível. Como o líquido se dilata mais que um sólido, o álcool irá se dilatar, tendo que ocupar mais espaço no tanque, e como o tanque não se dilatou como o álcool, o álcool irá derramar”. Essa resposta é mais rica e diferenciada em relação às demais no sentido que explicita significado claro e preciso, fornecendo indícios de aprendizagem significativa pelo desenvolvimento, elaboração e diferenciação de conceitos, em termos de detalhe e especificidade e incorporação, à estrutura cognitiva, de proposições e conceitos novos (SOBIECZIAK, 2017).

Questão 5 (prova)⁶: Uma lâmina bimetálica é constituída de duas placas de materiais diferentes, M_1 e M_2 , presas uma à outra. Essa lâmina pode ser utilizada como interruptor térmico para ligar ou desligar um circuito elétrico, como representado, esquematicamente, na figura I. Quando a temperatura das placas aumenta, elas dilatam-se e a lâmina curva-se, fechando o circuito elétrico, como mostrado na figura II.

6 Questão retirada de <http://fisicaevestibular.com.br/novo/fisica-termica/dilatometria/exercicios-de-vestibulares-com-resolucao-comentada-sobre-dilatacao-linear-suzperfcial-volumetrica-e-dilatacao-dos-liquidos/>.



A tabela abaixo mostra o coeficiente de dilatação linear α de diferentes materiais. Considere que o material M_1 é o cobre e o outro M_2 deve ser escolhido entre os listados nessa tabela. Para que o circuito seja ligado com o menor aumento de temperatura, qual deve ser o material escolhido para a lâmina M_2 ? Justifique.

Material	α ($10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$)
Aço	11
Alumínio	24
Bronze	19
Cobre	17
Níquel	13

Essa questão buscou que os alunos externalizassem seus entendimentos acerca do funcionamento de uma lâmina bimetálica, num nível mais alto de complexidade e generalização daquele discutido nas questões de identificação dos conhecimentos prévios e na realização da atividade experimental, numa perspectiva de avaliação ausubeliana.

Três alunos deixaram a questão em branco e o aluno *A3* não a teve em sua prova, por sua multiplicidade de interpretações e relações exigidas. Dos demais, dezessete responderam a questão de maneira incorreta, enquanto oito acertaram. Dentre as respostas incorretas, o aluno *A16* argumentou que a lâmina M_2 deveria ser de “bronze, porque para ligar o circuito, a lâmina tem que ir para baixo, então o material que está em cima tem que se dilatar menos que o cobre”. Se desprezássemos que o circuito deveria ser ligado com o menor aumento de temperatura, como solicitado no enunciado, o bronze cumpriria a função, mas não é o caso. Já para o aluno *A15*, “o material para a lâmina M_2 deve ser o aço, pois seu coeficiente de dilatação é menor que o do cobre, portanto quando

o cobre aquecer e dilatar irá curvar o aço para baixo, ligando o interruptor”. Analisando a tabela que expõe os coeficientes de dilatação dos materiais, níquel e aço são os únicos que não ligariam o circuito, uma vez que fariam a lâmina se curvar para cima.

Dentre as respostas corretas, destacamos duas delas. Para o aluno *A17*, o material da lâmina M_2 deveria ser “o alumínio, pois ele possui o maior coeficiente de dilatação. Sendo assim, ele varia em maior quantidade (24×10^{-6}) em uma variação de temperatura igual ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)”. De forma semelhante, o aluno *A18* argumentou que deveria ser escolhido, para a lâmina M_2 , o “alumínio, pois dentre os materiais citados é o material que apresenta maior dilatação por $^{\circ}\text{C}$, sendo ele o material que junto ao cobre, ligará o circuito mais rapidamente”. Respostas como estas nos indicam indícios de aprendizagem significativa, demonstrando que os alunos possuem significados claros e precisos; desenvolvimento, elaboração e diferenciação de conceitos, resultando em incorporação, à estrutura cognitiva, de proposições e conceitos novos (SOBIECZIAK, 2017).

Ainda que um número expressivo de erros conceituais e/ou de resolução de problemas tenha acontecido nas questões da prova, respondemos nosso questionamento de forma satisfatória na medida em que os alunos significaram o conteúdo de dilatação térmica em situações cotidianas, a partir de seus conhecimentos prévios, numa visão de integração da física com a área técnica.

Elaborar os roteiros didáticos a partir dos conhecimentos prévios dos alunos permitiu que avançássemos nas discussões acerca de tópicos de maior dificuldade, como o funcionamento de uma lâmina bimetálica e a dilatação de chapas com orifício, por exemplo. Com isso, os alunos confrontaram suas concepções com seus pares, num sentido de construção do conhecimento de forma ativa, resultando num enriquecimento de suas estruturas cognitivas e em uma aprendizagem significativa.

5 Considerações

O estudo da dilatação térmica, como destacado ao longo do texto, é importante, sobretudo no curso técnico em edificações, pelos efeitos causados pela variação da temperatura. Para além dessa aplicação prática, este conteúdo deve ser associado ao cotidiano dos alunos, ao invés de envolver, quase que exclusivamente, operações matemáticas e fórmulas, num modelo mecânico de ensino-aprendizagem (MATIAS; OLIVEIRA NETO; MELLO, 2015).

Para incentivarmos que a aprendizagem dos alunos ocorresse de forma significativa, conduzimos todas as aulas a partir de seus conhecimentos prévios, desencadeando, a partir destes, debates acerca da relação teoria-prática. Ao

fazermos isso, obtivemos resultados com significado e conteúdo, diferentes daqueles que conseguiríamos atingir se promovêssemos uma aprendizagem mecânica, com vistas apenas ao resultado final.

Considerando que o material instrucional foi elaborado a partir da bagagem conceitual dos alunos, buscamos indícios de aprendizagem significativa em uma prova, elaborada de forma coerente com nossa proposta pedagógica, num nível de complexidade crescente, com vistas a promovermos a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Este instrumento avaliativo não foi exclusivo e nem teve um viés estritamente quantitativo. Ao contrário, ao ser construído de maneira convergente com as discussões realizadas em aula, serviu para nos apontar nuances na conceitualização construída pelos alunos.

Por outro lado, as questões da prova foram elaboradas em contextos diferentes e em linguagem diversa daquela estudada, numa perspectiva de avaliação ausubeliana, para identificarmos indícios mais fíeis de aprendizagem significativa. Com isso, detectamos que os alunos construíram novos significados, incorporando às suas estruturas cognitivas, proposição e conceitos novos, da mesma forma que elaboraram e diferenciaram conceitos em termos de detalhe e especificidade (SOBIECZIAK, 2017).

Como forma de aperfeiçoarmos nossa proposta, sugere-se, em intervenções didáticas futuras, uma relação mais próxima com professores da área técnica, no sentido de possibilitar aos alunos a construção do conhecimento de forma menos fragmentada.

Referências

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Tradução Lígia Teopisto. Portugal: Plátano, 2003.

MATIAS, L. A.; OLIVEIRA NETO, F. A.; MELLO, G. J. Meio ambiente e o ensino de dilatação térmica na perspectiva de um grupo de professores de Física do ensino médio. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, p. 236-242, 2015.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. A teoria da aprendizagem significativa. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, 2009.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

NOVAK, J. D. **Aprender, criar e utilizar o conhecimento: mapas conceptuais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas.** Lisboa: Plátano, 2000.

PIZETTA, D. C.; MASTELARO, V. R. Construção de um dilatômetro e determinação do coeficiente de dilatação térmica linear. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, 2014.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico.** 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SATO, H.; RAMOS, I. M. L. **Física para edificações.** Porto Alegre: Bookman, 2014.

SOBIECZIAK, S. **História da física e natureza da ciência em Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.** 2017. 314p. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2017.

VALADARES, J. A teoria da aprendizagem significativa como teoria construtivista. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 1, p. 36-57, 2011.