

AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM EM UMA PROVA INTERDISCIPLINAR SOBRE FÍSICA TÉRMICA

Assessment of the learning in an interdisciplinary test about thermal physics

Jonas Cegelka da Silva¹
Renata Rotta²
Isabel Krey Garcia³

RESUMO: Este trabalho foi estruturado a partir de uma abordagem interdisciplinar entre as disciplinas de física e conforto das edificações do segundo ano do curso técnico em edificações integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, *Campus Santa Rosa*. Assumindo um fazer interdisciplinar no desenvolvimento das aulas, que tiveram como eixo estruturador a construção e o estudo de um forno solar, elaboramos, aplicamos e corrigimos uma prova de maneira conjunta pelos professores. Com isso, buscamos responder a seguinte questão: de que forma os alunos relacionam os conceitos da física térmica e das propriedades térmicas dos materiais em uma prova interdisciplinar? Esta avaliação permitiu identificar evidências de aprendizagem significativa de conceitos como calor, capacidade térmica e condutividade térmica à luz da teoria ausubeliana.

Palavras-Chave: Aprendizagem significativa. Calor. Capacidade térmica.

Abstract: This work was structured from an interdisciplinary approach between the disciplines of physics and comfort of the buildings of the second year of the technical course in buildings integrated to the high school of the Farroupilha Federal Institute of Education, Science and Technology, *Campus Santa Rosa*. Assuming an interdisciplinary approach in the development of the classes, which had the structuring axis of the construction and study of a solar oven, we elaborated, applied and corrected a test jointly by the teachers. Thereby, we seek to answer the following question: how students relate the concepts of thermal physics and the thermal properties of materials in an interdisciplinary evaluation? This evaluation allowed us to identify evidence of meaningful learning of concepts such as heat, thermal capacity and thermal conductivity, in an ausubelian perspective.

Keywords: Meaningful Learning. Heat. Thermal Capacity.

Introdução

¹ Doutor em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde (UFSM). Docente no Instituto Federal Farroupilha, *Campus Santa Rosa/RS*. jonas.silva@iffarroupilha.edu.br

² Mestre em Engenharia Civil (UFSM). Docente no Instituto Federal Farroupilha, *Campus Santa Rosa/RS*. renata.rotta@iffarroupilha.edu.br

³ Doutora em Ensino de Física (UFRGS). Docente na Universidade Federal de Santa Maria/RS. lkrey69@gmail.com

A questão do currículo integrado, nos Institutos Federais (IFs), deve desencadear uma postura crítica frente ao modelo de ensino praticado nessas instituições, garantindo aos sujeitos uma formação omnilateral, uma vez que “à educação escolar cabe a construção/reconstrução e a pesquisa do conhecimento sistematizado, básico para a aquisição de conhecimentos mais avançados, para a inserção esclarecida no mundo do trabalho e para o exercício da cidadania” (FRIGOTTO; CIAVATTA, 2005, p. 33).

Assumindo que nessas instituições prima-se por uma educação que possibilite ao sujeito o desenvolvimento de sua capacidade de gerar conhecimentos a partir de uma prática interativa com a realidade (PACHECO, 2011), nossa investigação foi desenvolvida junto a alunos do segundo ano do curso técnico em edificações integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal Farroupilha (IFFar), Campus Santa Rosa. Este curso tem como objetivo formar profissionais habilitados e qualificados para atuar em todas as etapas da construção de obras de edificações, utilizando os métodos, a boa técnica e demais conhecimentos que garantam a qualidade e a produtividade da construção civil (SANTA ROSA, 2014).

Com o intuito de fomentar um fazer interdisciplinar no desenvolvimento regular das aulas, esta proposta foi estruturada de forma a fazer convergirem as disciplinas de física e de conforto das edificações⁴. A primeira tem uma carga horária de 80h/a e uma parte de sua ementa abrange a física térmica. Já a segunda, com carga horária de 40h/a, apresenta e compreende, dentre outros, os tópicos de normas técnicas de conforto térmico e propriedades dos materiais empregados.

A partir das ementas, o trabalho foi desenvolvido por meio de diversas atividades que tiveram como eixo estruturador a construção de um forno solar com materiais de baixo custo (SILVA; ROTTA; GARCIA, 2018). Para a construção dos fornos, os alunos, em grupos, receberam um conjunto de sete situações norteadoras, elaboradas pelos dois professores, relativas a conceitos importantes de serem observados na construção dos protótipos. Buscamos, com as atividades, o favorecimento da aprendizagem significativa, uma vez que quando ela acontece, segundo Sobiechziak (2017), é possível identificar: (i) posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis; (ii) desenvolvimento, elaboração e diferenciação de conceitos, em termos de detalhe e especificidade; (iii) incorporação de proposições e conceitos novos e; (iv) aquisição de novos significados.

Depois de todas as situações terem sido sistematizadas e o resultado obtido com o forno solar ter sido apresentado, os alunos responderam uma prova interdisciplinar, elaborada conjuntamente pelos dois professores. A importância de nosso trabalho justifica-se pelo fato de não termos encontrado na literatura outras iniciativas deste tipo, envolvendo as referidas disciplinas a partir do forno solar. Como estivemos permeados por intenções interdisciplinares, a questão a ser respondida nessa investigação é a seguinte: de que forma os alunos relacionam os conceitos da física térmica e das propriedades térmicas dos materiais em uma prova interdisciplinar?

Entendemos que esta investigação é pertinente e relevante no sentido de corroborar as ideias de Morin (2003) sobre a dissociação do saber no ensino de ciências, que resulta nos inconvenientes da superespecialização, do confinamento e da fragmentação do saber, ou seja, na forma com que as disciplinas foram

⁴ No Projeto Pedagógico do Curso, o nome da disciplina consta como *conforto das edificações*; contudo, muitas vezes nos referiremos como *conforto térmico*, haja vista que a intervenção está relacionada com esta parte da ementa. Ainda, poderá aparecer a nomenclatura *conforto*, que é a forma como os alunos se referem à disciplina.

separadas, como se não houvesse nenhuma relação entre si. Nesse sentido, nosso objetivo é possibilitar que os sujeitos re(construam) conceitos associados à física térmica de forma significativa, quando associados ao entendimento dos fenômenos térmicos nas edificações. A seguir, apresentamos o referencial teórico adotado.

Referencial teórico

Estando imbuídos numa proposta interdisciplinar, procuramos o compartilhamento dos conhecimentos específicos de cada área, extraindo suas relações de interdependências e de conexões recíprocas (JAPIASSU, 1976). Assumimos ainda que na interdisciplinaridade é essencial conhecer e relacionar conteúdos, métodos e teorias para, a partir disso, integrar conhecimentos parciais e específicos, a fim de se chegar à totalidade do conhecimento (FAZENDA et al., 2013).

A interdisciplinaridade manifesta-se na nossa investigação como forma de impulsionar a formação integrada, na qual “a educação geral se torna parte inseparável da educação profissional” (CIAVATTA, 2014, p. 198), buscando romper com a linearidade dos conteúdos, com o isolamento das disciplinas, com a formação tecnicista que muitas vezes sobressai. Para Lottermann et al. (2016), as dificuldades em desenvolver um currículo integrado passam pela resistência dos professores em reorganizar a distribuição das disciplinas e de seus conteúdos, bem como pela forma de conceber a avaliação.

Entendemos que a avaliação é um processo que deve fazer parte da rotina da sala de aula, sendo coerente com a forma de trabalho, ou seja, “se não muda a forma de trabalho, não há mudança da avaliação que se sustenta. Mas é através da avaliação, que podemos perceber a necessidade da mudança e chegar a reformular a prática pedagógica” (FAZENDA et al., 2013, p. 33). Para Novak (2000), a avaliação é um elemento importante que deve ser valorizado no processo de ensino-aprendizagem, especialmente quanto à capacidade que os instrumentos têm para avaliar se o conhecimento foi aprendido de forma significativa.

A aprendizagem significativa defendida no texto está à luz da teoria ausubeliana e corresponde a “um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo” (MOREIRA, 1999, p. 153). Nessa interação, tanto a nova informação quanto as ideias prévias são modificadas e o resultado disso é uma assimilação de antigos e novos significados que contribui para a diferenciação da estrutura cognitiva.

Para ocorrer aprendizagem significativa, de acordo com Ausubel (2003), duas condições são necessárias: (i) o material a ser ensinado deve ser potencialmente significativo, ou seja, deve estar relacionado de forma não arbitrária e não literal com qualquer estrutura cognitiva apropriada e relevante e; (ii) o aluno deve estar predisposto a aprender. Para Moreira e Masini (1982), a primeira das condições requer que o material seja relacionável de forma substantiva e não arbitrária à estrutura cognitiva do aprendiz, desde que nela estejam disponíveis os conceitos subsunçores específicos, com os quais o novo material seja relacionado. Já a segunda condição denota, ainda que implicitamente, que se a intenção do aprendiz é simplesmente a de memorização, tanto o processo de aprendizagem quanto o resultado final serão mecânicos, sem significado.

As atividades elaboradas pelos professores para favorecimento da aprendizagem significativa dos conceitos da física térmica e das propriedades

térmicas dos materiais buscavam relacionar os referidos conceitos entre si. Essa seleção dos conceitos e as possíveis relações entre eles convergem com a teoria ausubeliana, na medida em que, como afirmam Moreira e Masini (1982), a primeira tarefa para o favorecimento da aprendizagem significativa é a de identificação dos conceitos básicos da matéria de ensino e de como eles estão estruturados.

Além das ementas das disciplinas abarcarem, dentre outros, os conceitos de calor, temperatura e condutividade térmica, o que favorece a investigação, o favorecimento de uma aprendizagem significativa desses conceitos é fundamental. Isso se justifica na medida em que as concepções alternativas dos alunos sobre os conceitos indicam calor e temperatura como sinônimos e calor como oposição ao frio. Essas concepções alternativas podem ser fruto da teoria do calórico e, embora esta teoria

e a ideia do calor como oposição ao frio, como entidade física, ideias há muito desconstruídas pela física, ainda persistem no senso comum porque são suficientes para a vida diária. Continuamos a falar que nossos casacos nos “protegem” do frio, que devemos fechar a geladeira porque senão o “frio” sai (LOPES, 1999, p. 143).

Além disso, a forma de nos expressarmos sobre o calor ajuda a ratificar as concepções apontadas acima. Mas, pelo contrário, “a matéria não *contém* calor. (...) Calor é *energia em trânsito* de um corpo a uma temperatura mais alta para outro a uma temperatura mais baixa. Uma vez transferida, a energia deixa de ser calor” (HEWITT, 2008, p. 270).

Para buscar evidências de aprendizagem significativa, Ausubel (2003) estabelece que os testes de compreensão devem ser elaborados em diferentes linguagens, num contexto diferente do material aprendido e que exijam máxima transformação do conhecimento aprendido. Esta estratégia é importante porque dificulta a memorização não só de proposições e das fórmulas principais, mas de exemplos e problemas similares.

Uma avaliação interdisciplinar, como a proposta, “deve ser entendida como formativa, não fragmentada ou disciplinarizada” (FAZENDA et al., 2013, p. 32). Para favorecer este tipo de avaliação, Fazenda et al. (2013), enfatizam que ela deve estar permeada pelos princípios da teoria interdisciplinar: humildade para perceber, aceitar e trabalhar o erro do aluno; coerência entre o que se ensina com o que e para que se avalia; espera, pelo fato de que os resultados devem ser vistos como processo; respeito às novas formas de conhecimento e às individualidades do aluno e; desapego da forma tradicional de avaliação. E este último princípio constitui nossa força para a construção de uma prova interdisciplinar, cujo percurso metodológico delineado é apresentado a seguir.

Procedimentos metodológicos

Numa primeira intervenção didática, em 2016, para uma turma de vinte e seis alunos, elaboramos uma prova que chamamos de integrada com questões interdisciplinares, que foi composta por dez questões, distribuídas da seguinte forma: quatro interdisciplinares, elaboradas conjuntamente pelos dois professores; três elaboradas exclusivamente pelo professor de física e três idealizadas tão somente pela professora de conforto.

Numa segunda intervenção, em 2017, realizada em uma turma de trinta e quatro alunos⁵, foram possíveis dois avanços consideráveis: a prova foi composta por sete questões interdisciplinares, todas elaboradas e/ou selecionadas conjuntamente pelos professores, o que implicou uma correção colaborativa, indicando um alto nível de cooperação no trabalho dos professores. Pela limitação do número de páginas, apresentaremos as sete questões (Q1 – Q7) que compuseram a prova da segunda intervenção; mas faremos a análise de somente quatro dessas questões (Q1 – Q4).

A prova foi resolvida individualmente e, para respondê-la, os alunos puderam fazer uso (não obrigatório) de uma “cola autorizada”, a qual consistiu de uma página de caderno, manuscrita, na qual não era permitido que contivesse exemplos e equações. Essa “cola” foi pensada para que os alunos não precisassem memorizar as normas técnicas de desempenho térmico das edificações e que conseguissem, de forma sucinta, representar a relação entre os conceitos estudados. Durante a correção da prova, este material foi analisado no sentido de verificar as informações e entender algumas inconsistências, mas não foi avaliado formalmente. As questões que compuseram a prova foram as seguintes:

Q1: para construir o forno solar, foi necessário que vocês escolhessem os materiais de acordo com suas propriedades físicas para manter o interior do mesmo o mais aquecido possível. Por exemplo, utilizaram a cor preta em função da maior absorvidade térmica e conseqüentemente, menor taxa de refletividade. Fazendo o contraponto com uma edificação, para melhorar o conforto térmico, pode ser utilizado o alumínio polido como subcobertura em telhados. Qual propriedade justifica a escolha do alumínio polido? Quais as características dessa propriedade?

Q2: por que componentes construtivos com elevada capacidade térmica são indicados para climas quentes e secos onde a temperatura atinge valores muito altos durante o dia e extremamente baixos durante a noite?

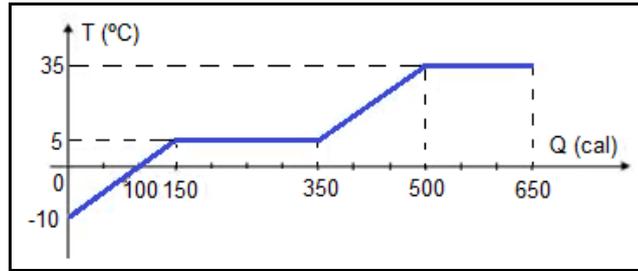
Q3: dentro de uma edificação, as trocas térmicas ocorrem continuamente. No inverno, por exemplo, para impedir que ocorra perda de energia na forma de calor de dentro da residência, é interessante não ter pontos de fuga, como janelas e/ou portas abertas. Efeito similar a este foi utilizado na construção do forno. Imaginemos que uma casa tenha estado fechada por um período longo de tempo. Ao entrar nessa casa e logo tocar em alguns objetos, você tem a sensação de que os metálicos estão mais frios do que os não-metálicos. Devido a qual propriedade física isso acontece? Explique.

Q4 (adaptada de Futuro Militar⁶): sabe-se que o homem se sente melhor em um ambiente com umidade baixa, mesmo com temperatura elevada, do que em lugares de umidade elevada e temperaturas menores, devido ao fato de, nestes últimos, o suor demorar mais para evaporar. A evaporação ocorre por meio de trocas de energia na forma de calor (latente), uma vez que há mudança de fase. Sobre esse conceito, o gráfico a seguir refere-se à transformação de 20g de uma substância que se encontra, inicialmente, no estado sólido. Com base no gráfico, julgue as afirmativas abaixo como verdadeiras (V) ou falsas (F), justificando as falsas.

⁵ A análise dos dados refere-se apenas a trinta alunos, uma vez que quatro não entregaram os termos de consentimento livre e esclarecido devidamente assinado, nos autorizando a utilizar as informações produzidas.

⁶ Disponível em:

http://projetomedicina.com.br/site/attachments/article/269/008_fisica_calorimetria_2.pdf.



- () A capacidade térmica da substância no estado líquido é 10cal/°C.
- () A temperatura de fusão da substância é 35°C.
- () A temperatura de vaporização da substância é 5°C.
- () O calor específico da substância no estado sólido é igual a 0,5cal/g.°C.
- () O calor latente de fusão da substância é igual a 10cal/g.

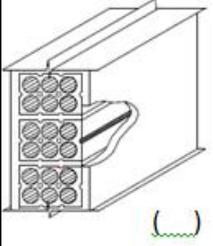
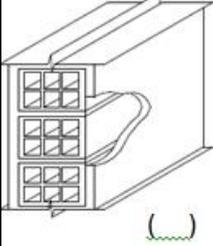
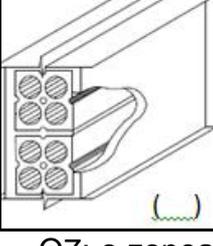
Q5: complete os espaços com uma das palavras entre parênteses para tornar a frase correta:

I. Quanto maior a altitude, menor é a pressão atmosférica e _____ é a temperatura de ebulição da água. (*menor – maior*).

II. Durante o dia, a temperatura no deserto é elevada, e à noite sofre uma grande redução. Isso ocorre em virtude do _____ calor específico da areia. (*grande – pequeno*).

III. Uma roupa escura absorve _____ quantidade de radiação que uma roupa clara. (*maior – igual – menor*).

Q6: A ABNT NBR 15.575 - Desempenho de Edificações Habitacionais, publicada em 19 de fevereiro de 2013, passou a ser obrigatória a partir de 19 de julho de 2013. A norma é um divisor de águas na construção civil brasileira, pois as edificações de uso habitacional passaram a ter parâmetros mínimos de desempenho a ser atendido ao longo de sua vida útil. Em se tratando de conforto térmico da edificação na Zona Bioclimática 2, qual das composições de paredes externas terá o melhor desempenho de acordo com as recomendações da referida norma? Assinale uma das alternativas abaixo.

Parede/Descrição	U [W/(m ² .K)]	CT [kJ/(m ² .K)]	φ [horas]
 <p>Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 20,0 cm</p>	1,92	202	4,8
 <p>Parede de tijolos de 6 furos quadrados, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x14,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 19,0 cm</p>	2,02	192	4,5
 <p>Parede com 4 furos circulares Dimensões do tijolo: 9,5x9,5x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,5 cm</p>	2,49	186	3,7

Q7: o zoneamento bioclimático propõe a divisão do território brasileiro em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima e, para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas que otimizam o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática. Tendo em vista as recomendações para a Zona Bioclimática onde se situa a cidade de Santa Rosa é possível afirmar com base na NBR 15220 – Parte 3 (marque verdadeiro (V) ou falso (F)):

() O resfriamento evaporativo é uma das principais estratégias a serem adotadas na Zona Bioclimática 2 para amenizar o desconforto térmico em períodos com alta temperatura como o verão.

() Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem.

() A ventilação cruzada é uma importante estratégia para a Zona Bioclimática 2, durante o período de verão. Para isso é necessário planejar as aberturas (portas e janelas) de maneira a permitir que o vento possa circular com facilidade dentro da edificação. Além disso, é necessário atentar para a direção dos ventos predominantes na região onde a edificação será implantada.

() A proteção solar de esquadrias, evitando a incidência direta da radiação solar é uma estratégia a ser adotada ao longo de todo ano na Zona Bioclimática 2.

() O uso de aquecimento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por frio.

Na análise dos resultados, categorizamos as respostas dos alunos em coerentes do ponto de vista científico, parcialmente coerentes e incoerentes/inconsistentes, destacando algumas respostas dadas para cada

categoria e/ou apresentando fragmentos que mostram seus raciocínios. Representamos os alunos por números (A1, A2, A3, etc.), nos referindo ao termo genérico, aluno. Passemos agora à análise dos dados.

Resultados e discussão

Nesta seção, apresentamos os resultados e análise das quatro questões da prova interdisciplinar apresentadas anteriormente. Ainda que a prova represente apenas um instrumento de avaliação, ela faz parte de um conjunto de instrumentos convergentes, não sendo utilizada de forma aleatória e isolada para verificação da aprendizagem. Isso significa que ela não foi o único instrumento utilizado para verificação de aprendizagem, uma vez que a avaliação teve foco no processo e ocorreu durante todo o período de aplicação da proposta interdisciplinar.

Em Q1, referente ao conceito de emissividade térmica, cinco alunos responderam de forma coerente com a cientificamente aceita, vinte e um de forma parcialmente coerente e quatro de maneira inconsistente. Enquanto as taxas de absorvidade e de refletividade da radiação solar por um material construtivo são inversamente proporcionais, a emissividade é uma propriedade física que corresponde à quantidade de energia térmica emitida por unidade de tempo e divide os materiais entre metálicos e não metálicos (LAMBERTS et al., 2014).

Os alunos que responderam de forma inconsistente argumentaram que a função do alumínio polido como subcobertura é a de “reter o calor”, o que não é coerente com a propriedade associada. Dessas respostas, o aluno A1, por exemplo, defendeu a escolha do alumínio polido pelo fato de ele *reter mais calor e esquentar a edificação*. Já o aluno A2, com o mesmo raciocínio, escreveu que se utiliza esse material, pois ele *“segura” o calor dos raios solares*. Aparece nessas respostas a concepção de calor como substância, como reportado por Grings et al. (2006) e Oliveira et al. (2012).

As respostas parcialmente coerentes indicaram a utilização do alumínio polido para refletir a radiação solar. Embora a refletividade seja uma propriedade associada a este tipo de material, quando ele é utilizado como subcobertura, a propriedade que predomina é a emissividade. O excerto do aluno A3 indica que *esse material reflete os raios solares, não deixando a parte superior absorver essa radiação, mantendo o conforto da edificação*. De forma semelhante, o aluno A4 defende a utilização do alumínio polido em função de sua refletividade já que *não armazena calor, pois o reflete de volta para o meio*.

Das respostas coerentes do ponto de vista científico, o aluno A6 destaca que esse material tem *baixa emissividade e alta reflexão, não possuindo boa absorção. Ele, por não possuir alta emissividade, ao esquentar, não irá emitir muita energia ao ambiente, assegurando o conforto térmico, principalmente no verão. Também irá refletir parte da energia que passa pela telha, assegurando que o calor não passe, principalmente se associado a uma camada de ar*. Nessa resposta é possível perceber que o mesmo cita outra forma de melhorar o conforto térmico de uma edificação, que é de utilizar uma câmara de ar, o que representa um indício de aprendizagem significativa, em virtude de o aluno possuir significados claros e transferíveis entre situações, bem como diferenciação de conceitos para o entendimento de conceitos novos (SOBIECZIAK, 2017).

Compilando as respostas para Q1, por mais que apenas cinco alunos tenham respondido de forma coerente com a cientificamente aceita, os vinte e um que responderam de modo parcialmente coerente deram respostas compreensíveis com

pelo menos uma das propriedades do alumínio polido, seja a sua alta taxa de reflexão ou a sua baixa taxa de absorvidade. Desse modo, podemos dizer que, aproximadamente 87% dos alunos deram respostas satisfatórias, relacionando de forma coerente ou parcialmente coerente, conceito à aplicação prática para um conforto térmico das edificações, permitindo inferir indícios de aprendizagem significativa.

Sobre Q2, que dizia respeito à capacidade térmica, oito alunos responderam de forma coerente do ponto de vista científico, dezesseis de forma parcialmente coerente e seis insatisfatoriamente. As respostas da primeira categoria estavam de acordo com Duarte et al. (2016), os quais afirmam que em edificações com baixas inércias térmicas, a temperatura interna acompanha rapidamente a variação da temperatura externa. Para ambientes como aquele descrito na questão, é importante a escolha de materiais com grande inércia térmica (estimada por meio de sua capacidade térmica) para contribuir para o atraso térmico e a diminuição dos picos de temperatura dentro da edificação.

Exemplo deste tipo de resposta foi dado pelo aluno A7, o qual escreveu que *elementos com elevada capacidade térmica são indicados, pois demoram tanto para absorver o calor, como demoram para liberá-lo. Assim, durante o dia, será lento o aquecimento da parte interna da edificação, o que é o ideal para que não haja elevado aquecimento interno durante o período de exposição ao sol. Já durante a noite, o calor “absorvido” durante o dia demora para retornar ao meio externo, deixando o interior quentinho em relação à parte externa que encontra-se com temperatura mais baixa.*

A resposta acima exposta pode indicar que o aluno, ainda que de forma implícita, aplicou corretamente o conceito de atraso térmico, que é definido pela NBR 15220-1: 2003, como “tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor” e depende da capacidade térmica do componente construtivo. Duarte et al. (2016) salientam que quanto maior o atraso térmico de um fechamento, mais demorada será a variação térmica entre o ambiente interno e o externo da edificação. Da resposta do aluno A7 podemos inferir que houve aprendizagem significativa do conceito de capacidade térmica pelo fato de o mesmo ter desenvolvido, elaborado e diferenciado o conceito, em termos de detalhe e especificidade, resultado de sucessivas interações e também em decorrência da incorporação de proposições e conceitos novos (SOBIECZIAK, 2017), como o atraso térmico.

De maneira parcialmente coerente do ponto de vista científico, o aluno A9 justificou que *quanto mais alta a capacidade térmica, mais o material vai impedir a troca de calor dos ambientes internos com os externos.* Consideramos esta resposta como parcialmente coerente em virtude de os materiais com alta capacidade térmica não impedirem as trocas de energia na forma de calor entre os ambientes, mas sim diminuirão a amplitude térmica no interior da edificação em relação ao exterior, evitando os picos (LAMBERTS et al., 2014).

Dos seis alunos que responderam a questão de forma incoerente do ponto de vista científico, apresentamos excertos escritos por dois deles. Para o aluno A10, um material de alta capacidade térmica é recomendado *porque ele evita temperaturas elevadas no verão e temperaturas baixas no inverno.* Ainda que possa ser verdadeira a frase escrita pelo aluno, o mesmo não conseguiu explicitar sua resposta em termos de conceitos cientificamente relevantes. Por sua vez, o aluno A11, ilustra o fato de que a “cola autorizada”, se não elaborada de forma plausível,

não garante o entendimento e entrelaçamento dos conceitos. Ele destaca, em sua resposta, uma parte da norma técnica, descrita em sua “cola”, argumentando de forma desconexa, que *paredes externas leves e refletoras; as coberturas pesadas, mas vedações internas pesadas, área de ventilação média*, são o que garantem o conforto das edificações.

Novamente, ainda que somente sete alunos tenham respondido Q2 de forma coerente do ponto de vista científico, outros dezessete externalizaram seus conhecimentos fazendo-os convergir pelo enfoque das duas disciplinas, o que representa que aproximadamente 83% dos alunos deram indícios de aprendizagem significativa do conceito de capacidade térmica, seja indicando posse de significados claros e transferíveis, diferenciação do conceito em termos de especificidade e detalhes, ou ainda indicativos de aquisição de novos significados (SOBIECZIAK, 2017).

Com relação a Q3, referente ao conceito de condutividade térmica, cinco alunos deram respostas coerentes do ponto de vista científico, dezesseis de forma parcialmente coerentes e nove inconsistentes. Para algumas respostas parcialmente coerentes (quando significativas), consideramos a justificativa dada em função do calor específico, uma vez que esse conceito é bastante contemplado nos materiais construtivos. Um exemplo para ilustrar isso é a resposta dada pelo aluno A12, o qual argumentou que *os metais possuem uma característica diferente dos ametais, que é o baixo calor específico. Esse fator faz ele entrar rapidamente em equilíbrio térmico com o meio que lhe é fornecido*. Essa resposta indica que o aluno relaciona o fato dos metais parecerem estar a uma temperatura mais baixa que os demais materiais por necessitarem menor quantidade de calor para sofrerem variação de temperatura.

Outra resposta parcialmente coerente foi assinalada pelo aluno A13, que justificou o fenômeno *devido à condução, causado por uma diferença de temperatura entre dois materiais em um mesmo meio. A condução ocorre de forma mais eficiente em metais, pois são bons condutores de energia em forma de calor*. Ainda que este aluno não tenha explicado o processo de troca térmica por condução, é importante destacar a forma como ele se expressa, demonstrando uma evolução na linguagem.

De modo inconsistente, o aluno A14 argumentou que *os objetos metálicos estão mais frios por causa da baixa absorvidade térmica desses materiais*, o que não exprime relação com conceitos relevantes. O aluno A18, por sua vez, respondeu a questão baseado no conceito de evaporação, afirmando que *isso ocorre devido a evaporação, os objetos metálicos ficam úmidos e conseqüentemente mais frios que os demais*, o que também não é relevante nesta situação, uma vez que o mesmo conceito é válido, por exemplo, quando a evaporação da água reduz a temperatura e aumenta a umidade relativa de um ambiente (LAMBERTS et al., 2014).

Já de forma coerente com a cientificamente aceita, o aluno A15 destacou que o fenômeno *tem relação com a condutibilidade térmica, pois o metal é um bom condutor, então, ao tocar um objeto metálico temos a sensação de que ele está mais frio, mas na verdade o que ocorre é que ele absorve rapidamente a energia na forma de calor contida na superfície da nossa pele, resfriando a nossa pele, por assim dizer e fazendo parecer que é o metal que se encontra frio*. Novamente é importante destacar a forma como o aluno se refere ao conceito de calor, como uma energia, representando uma evolução na linguagem. Mas, como a mudança conceitual ocorre de maneira gradual, o aluno não abandonou a concepção de que os corpos têm calor, como reportado por Amaral e Mortimer (2001).

Ainda que em menor porcentagem que nas questões anteriores, 70% dos alunos demonstraram conhecimento satisfatório nessa questão, também nos permitindo afirmar que temos indícios de aprendizagem significativa da propriedade da condutividade térmica e do processo de troca de calor por condução. Esses indícios surgem de incorporação de proposições a conceitos novos, o que reflete a aquisição de novos significados, bem como da elaboração e diferenciação de conceitos (SOBIECZIAK, 2017).

O Gráfico 1 sintetiza o percentual de alunos que deram respostas coerentes, parcialmente coerentes e incoerentes do ponto de vista científico às questões Q1, Q2 e Q3, que destacamos nas análises acima.

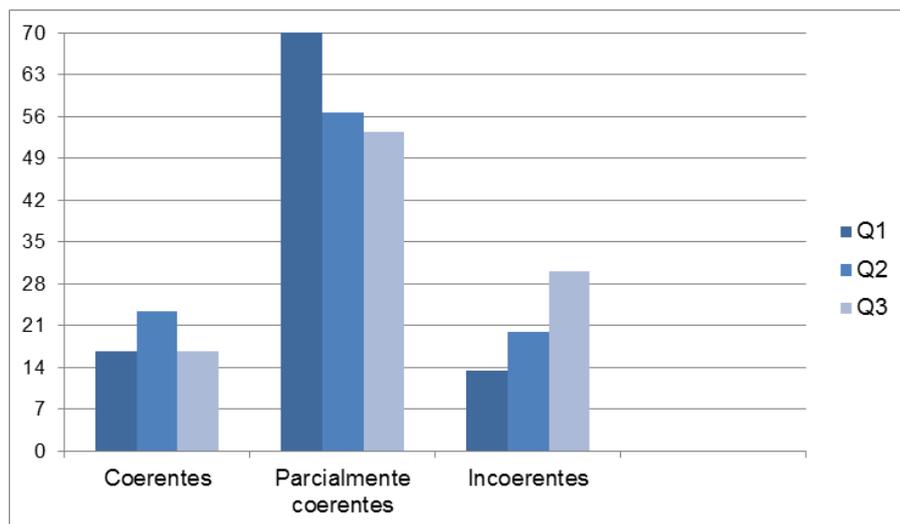


Gráfico 1 – percentual de respostas coerentes, parcialmente coerentes e incoerentes dadas às questões Q1, Q2 e Q3. Fonte: autores.

Apenas seis alunos responderam adequadamente a questão Q4, que utilizava representações simbólicas e suas relações, enquanto que vinte e três obtiveram êxito em alguma(s) afirmação(ões) e um deixou a questão em branco. Abaixo analisaremos cada uma das afirmações:

A capacidade térmica da substância no estado líquido é igual a $10\text{cal}/^\circ\text{C}$. Esta afirmação foi justificada de forma inconsistente por dez alunos. Como se percebe no gráfico, quando no estado líquido, a substância necessita de 150cal para variar sua temperatura em 30°C . Logo, o valor da capacidade térmica, neste estado, é $5\text{cal}/^\circ\text{C}$. Com uma resposta coerente, o aluno A7 justificou que *são “gastos” 150cal para elevar a temperatura em 30°C , no estado líquido. Assim, são necessárias só $5\text{cal}/^\circ\text{C}$, ou seja, 5 calorias para elevar a temperatura da substância em 1°C* . Essa resposta indica que o aluno possui significado claro e preciso para a capacidade térmica, além de saber interpretar corretamente o gráfico.

As afirmações II e III (a temperatura de fusão da substância é 35°C . e a temperatura de vaporização da substância é 5°C) foram respondidas de forma incorreta por dez e sete alunos, respectivamente. Estes não interpretaram corretamente o gráfico, confundindo a curva de fusão com a de vaporização. Apesar da ocorrência de poucas respostas coerentes do ponto de vista científico, cabe ressaltar que esta questão foi apresentada de uma forma diferente daquela vista em aula, em que os alunos construíram o gráfico das mudanças de fase a partir das informações fornecidas. Esta diferença está de acordo com a proposta de Ausubel

(2003), que afirma que os testes de compreensão devem ser elaborados em diferentes linguagens, num contexto diferente do material aprendido.

Oito alunos não responderam de forma adequada com a cientificamente aceita a quarta afirmação (o calor específico da substância no estado sólido é igual a $0,5\text{cal/g}^\circ\text{C}$). Nesta, os 20g da substância no estado sólido necessitam de 150cal para variar sua temperatura em 15°C . Disso decorre que seu calor específico é de $0,5\text{cal/g}^\circ\text{C}$. Na Figura 1, apresentamos a resposta do aluno A16, que respondeu de forma incorreta esta alternativa, julgando-a como falsa. É possível perceber que o aluno não considerou o intervalo adequado de temperatura, indicando não compreensão das mudanças de fase envolvidas.

$$C = \frac{150 \text{ cal}}{30^\circ\text{C}} = 5 \text{ cal/}^\circ\text{C} \quad c = \frac{5 \text{ cal/}^\circ\text{C}}{20 \text{ g}} = 0,25 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

Figura 1 – resolução feita pelo aluno A16 à questão Q4d. Fonte: material produzido pelo aluno A16.

Referente à quinta asserção da questão Q4 (o calor latente de fusão da substância é igual a 10cal/g), treze alunos a responderam de forma inconsistente com a cientificamente aceita. Analisando o gráfico, percebe-se que a curva referente à fusão é aquela na qual a substância necessita de 200cal para mudar completamente de fase, à temperatura constante de 5°C . Os erros cometidos pelos alunos indicam que os mesmos não compreenderam as curvas de mudança de fase expressadas no gráfico. A Figura 2 apresenta este equívoco a partir da resolução feita pelo aluno A17.

$$Q = mL \quad 150 = 20L \quad 20L = 150 \quad L = \frac{150}{20} = 7,5 \text{ cal/g}$$

Figura 2 – resolução feita pelo aluno A17 à questão Q4e. Fonte: material produzido pelo aluno A17.

Referente à quarta questão, sobre os erros cometidos pelos alunos naquelas afirmações que necessitavam de análise dos gráficos, é importante destacar que “o trabalho com as representações gráficas não é algo que resulte simples para os alunos, nem que eles aprendam por si sós (...). O aluno precisa ter treinamento tanto nas técnicas de representação de dados como nas de interpretação dessas representações” (POZO; CRESPO, 2009, p. 238). E isso precisa de uma construção gradativa, que vai se aperfeiçoando na medida em que se exercitam as técnicas.

Esta questão teve um maior número de erros, os quais podemos atribuir aos seguintes fatores: (i) a questão foi apresentada de forma diferente daquela trabalhada em aula, o que pode ter desestabilizado os alunos; (ii) ainda que os conceitos abordados na questão se referissem às duas disciplinas, os alunos podem não ter conseguido perceber essa relação, especialmente no caso das curvas de mudança de fase que estão associadas ao mecanismo termorregular do suor, por exemplo; (iii) diversos alunos apresentaram dificuldade na resolução de problemas matemáticos, nas representações simbólicas e suas relações, bem como na leitura de gráficos indicando dificuldades operacionais relacionadas aos conceitos

matemáticos envolvidos e; (iv) a dificuldade apresentada pelos alunos na compreensão de que um corpo pode receber ou ceder energia na forma de calor sem que sua temperatura sofra variação.

Mesmo estando cientes sobre alguns destes pontos antes da aplicação da prova, esta questão foi incluída com o objetivo de verificar como os alunos relacionam os conceitos físicos em situações novas e com a resolução de problemas matemáticos. Assim, obtivemos resultados que apontam a necessidade de desenvolver um trabalho mais aprofundado sobre os conceitos envolvidos, destacando, de forma mais direta, as relações entre as disciplinas e também aprofundando a representação simbólica das variáveis envolvidas nos processos de mudança de fase.

Algumas considerações

Como apresentado anteriormente, sabemos que uma avaliação de forma isolada não fornece indícios confiáveis sobre a aprendizagem. Por outro lado, a própria avaliação é uma experiência significativa de aprendizagem (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Desta forma, obtivemos indícios de aprendizagem significativa em uma prática de avaliação que teve a interdisciplinaridade como eixo central de implementação. Da investigação, algumas considerações importantes são:

Cada aluno aprende de forma diferente, uma vez que sua estrutura cognitiva é particular e seus esquemas são frutos de suas experiências. Nesse sentido, propomos variados tipos de questões, para que os alunos conseguissem retomar e externalizar os conhecimentos aprendidos. Com isso, percebemos que os mesmos faziam a relação dos conceitos abordados nas duas disciplinas, tais como calor específico, capacidade térmica, condutibilidade térmica, calor sensível e latente, temperatura e emissividade térmica, demonstrando que conseguiam estabelecer vínculos entre os conceitos, corroborando com aspectos da interdisciplinaridade.

Entendemos que a mudança conceitual é um processo lento e gradativo, ainda mais quando envolve conceitos como o de calor, que tem uma construção e uma concepção histórica arraigada na forma como nos expressamos.

Como assumimos a premissa do fazer interdisciplinar, levamos a cabo, como aponta Ferreira (2013), que a interdisciplinaridade corresponde a um movimento ininterrupto, que cria e recria pontos para a discussão e para o aperfeiçoamento da prática, o que nos leva ao diálogo permanente sobre nossas ações docentes e nos motiva a continuar juntando esforços para novos trabalhos deste tipo.

Como forma de aperfeiçoar nossa prática, os resultados apontam a necessidade de mais momentos de estudos coletivos para fazer convergirem as formas de definição/entendimento para os conceitos das duas disciplinas.

Referências

AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.1, n. 3, 2001. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/2357>>. Acesso em 09 jul. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações: parte 1: definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, ISSN: 1984-7505

2003. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/normalizacao/Termica_parte1_SET2004.pdf>. Acesso em 09 jul. 2018.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. 1. ed. Portugal: Editora Plátano, 2003.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- CIAVATTA, M. O ensino integrado, a politecnia e a educação omnilateral. Por que lutamos? **Trabalho & Educação**, v. 23, n. 1, p. 187-205, 2014. Disponível em: <<https://seer.ufmg.br/index.php/trabedu/article/view/7693>>. Acesso em 09 jul. 2018.
- DUART, M. A. et al. **Materiais de Construção**. Curitiba: Livro Técnico, 2016.
- FAZENDA, I. C. A. et al. Avaliação e Interdisciplinaridade. **Interdisciplinaridade. Revista do Grupo de Estudos e Pesquisa em Interdisciplinaridade**, p. 23-37, jul. 2013. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/interdisciplinaridade/article/view/16142/12179>>. Acesso em: 09 jul. 2018.
- FERREIRA, S. L. Introduzindo a noção de interdisciplinaridade. In: Fazenda, I. C. A. (Org.). **Práticas interdisciplinares na escola**. 13. ed. São Paulo: Cortez, 2013.
- FRIGOTTO, G.; CIAVATTA, M. **A experiência do trabalho e a educação básica**. 2. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2005.
- GRINGS, E. T. O. et al. Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por alunos em conceitos da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 463-471, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172006000400009>>. Acesso em 09 jul. 2018.
- HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- JAPIASSU, H. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.
- LAMBERTS, R. et al. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás/Procel, 2014.
- LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar**: ciência e cotidiano. Rio de Janeiro: Uderj, 1999.
- LOTTERMANN, O. et al. Currículo integrado na educação profissional de nível médio: o curso técnico em agropecuária no Instituto Federal Farroupilha. In: HAMES et al. (Org.). **Currículo integrado, educação e trabalho**: saberes e fazeres em interlocução. Ijuí: Unijuí, 2016.
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.
- MOREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.
- MORIN, E. **A cabeça bem feita**: repensar a reforma, reformar o pensamento. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- NOVAK, J. D. **Aprender, criar e utilizar o conhecimento**. Lisboa: Plátano, 2000.

OLIVEIRA, V. V. et al. Atividades de conceitualização em física térmica: buscando invariantes operatórios. In: XIV ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA. **Anais**. Maresias, 2012.

PACHECO, E. **Institutos Federais**: uma revolução na educação profissional e tecnológica. Brasília: Moderna, 2011.

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

SANTA ROSA. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha. **Projeto Pedagógico do Curso Técnico em Edificações Integrado**. Santa Rosa, 2014. Disponível em <http://www.sr.iffarroupilha.edu.br/site/midias/arquivos/201509122043986tecnico_em_edificacoes_integrado.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2018.

SILVA, J. C.; ROTTA, R.; GARCIA, I. K. O forno solar como ponte entre a física e o conforto das edificações. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 345-366, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2018v35n2p345>>. Acesso em 29 abr. 2020.

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