

# Educação STEM no desenvolvimento das estruturas cognitivas acerca das transformações de energia: Um estudo com alunos do 9.º ano

## RESUMO

O conceito de energia, embora sendo um conceito central no ensino das Ciências, é um conceito abstrato, cuja compreensão coloca muitos desafios e dificuldades aos alunos. De igual forma, os fenómenos associados a este conceito, nomeadamente as transformações de energia, revestem-se de particular dificuldade conceptual para grande parte dos alunos. Assim, este estudo teve como objetivo conhecer o efeito de uma atividade STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), para o ensino, em contexto formal, do tópico “Transformações de Energia”, nas estruturas cognitivas de 31 alunos do 9.º ano de escolaridade. O estudo seguiu um design de pré-teste e pós-teste, com um grupo único. A recolha de dados foi realizada através de um teste de associação de palavras (WAT), com seis palavras-estímulo, antes e depois da realização da atividade. Os resultados obtidos permitiram a construção de tabelas de frequências e de mapas das estruturas cognitivas dos alunos nos dois momentos. Adicionalmente, e como forma de revelar a natureza das associações de palavras feitas pelos alunos, foi solicitado que estes escrevessem frases com as palavras associadas. A análise dos resultados foi realizada tendo em conta as associações mais frequentemente indicadas pelos alunos (i.e., com base no tipo e nas frequências das palavras-resposta) e a natureza das mesmas (i.e., com base nas frases escritas pelos alunos). Tendo em conta os resultados e a sua análise, é possível concluir que houve uma evolução das estruturas cognitivas dos alunos, o que é indicativo de que o seu envolvimento na atividade STEM promoveu a construção de um conhecimento mais aprofundado sobre os conteúdos em questão.

**Palavras-chave:** Estruturas cognitivas; Educação em Ciências; Educação STEM; Teste de associação de palavras (WAT); Transformações de energia.

## 1. INTRODUÇÃO

A energia é um conceito fundamental para a Educação em Ciências, uma vez que permite a explicação e previsão de muitos fenómenos naturais. A importância deste conceito reflete-se através da sua inclusão nas ideias centrais dos estudos de monitorização internacionais (e.g. TIMSS, PISA) (Bächtold, 2018; Duit, 2014). Contudo, a investigação tem mostrado que os alunos têm muitas

Iva Martins<sup>i</sup>  
Universidade de  
Lisboa, Portugal .

Mónica Baptista<sup>ii</sup>  
Universidade de  
Lisboa, Portugal .

Inês Tomé<sup>iii</sup>  
Externato de Penafirme,  
Portugal .

dificuldades relativamente à aprendizagem deste conceito e as razões apontadas incluem o facto de ser um conceito abstrato. De acordo com Feynman et al. (2011), a energia é uma ideia matemática abstrata no sentido em que é uma propriedade de um objeto ou sistema, ao qual se pode atribuir um valor numérico. No entanto, apesar de não ser algo visível ou tangível, a energia pode ser transferida e transformada. Assim, torna-se difícil não pensar em energia quase da mesma forma como se pensa numa substância, ao invés de num valor numérico que não se refere a algo “real” (Duit, 1987; Warren, 1982), e é bastante comum fazer referência à energia como algo palpável. Isto faz com que muitos dos alunos percecionem a energia como sendo uma substância (Lemke, 1998). Para além disto, os alunos deparam-se com manifestações de energia em variados aspetos do dia a dia, o que faz com que possuam algumas ideias e experiências prévias, muitas vezes diferentes das que são cientificamente aceites (Bächtold, 2018; Trumper, 1993). Ademais, o facto de o conceito de energia ser aplicado em várias áreas disciplinares pode levar os alunos a presumir que existem diferentes conceitos de energia (Quinn, 2014).

Desta forma, e dada a sua complexidade, a energia é um conceito que pode originar variadas conceções alternativas nos alunos. A investigação que tem sido realizada sobre estas conceções revelou que os alunos têm dificuldades em compreender ideias básicas sobre a energia, não usam linguagem cientificamente correta quando explicam os fenómenos, e não utilizam o conceito de energia em situações da vida real (Duit, 2014). Liu e Fang (2017), na sua revisão de literatura, resumem algumas das conceções alternativas mais comuns dos alunos acerca do conceito de energia, e que incluem aquelas relacionadas com transformação de energia, conservação de energia, energia cinética, e energia potencial. Por exemplo, muitos alunos consideram que energia e força são a mesma coisa, que a energia é perdida quando se transforma noutra forma de energia, que a energia cinética depende apenas da massa do objeto, que a única energia potencial que existe é a energia potencial gravitacional, que esta depende apenas da massa do objeto, etc. (Liu & Fang, 2017).

No plano nacional, alguns autores identificaram conceções alternativas dos alunos portugueses relativamente ao conceito de energia, semelhantes às já referidas. Por exemplo, Valadares (1995) resume as conceções dos alunos do 8º ano e do 11º ano de escolaridade que descreveu em trabalhos prévios (Valadares, 1994a, 1994b), das quais se destacam: energia como força, visão antropomórfica da energia, energia como causa do movimento, energia como combustível, energia como fluido, e energia como causa das coisas acontecerem. Estas mesmas conceções foram identificadas por Moreno (2013), num trabalho realizado com 30 alunos do 10º ano de escolaridade aos quais foi administrado um teste antes e depois de terem contacto com o tópico em questão. Também Marques (2009), utilizou um teste de associação de palavras para identificar algumas das conceções alternativas de alunos de Cursos de Educação e Formação relacionadas com a energia. A autora destaca a equivalência entre temperatura e energia e a ideia de que apenas os corpos com movimento possuem energia como conceções alternativas desses alunos. Contudo, após uma intervenção que incluiu tópicos de história das ciências, os alunos revelaram uma evolução significativa no número

de respostas cientificamente aceitáveis. Recentemente, num estudo piloto, Fernandes e Soares (2022) utilizaram um teste de associação de palavras e a formulação de frases sobre o conceito de energia por futuros professores do 1º ciclo como forma de analisar as suas estruturas cognitivas e concepções alternativas. De acordo com os resultados descritos pelas investigadoras, os participantes não distinguiram entre força e energia, associavam energia ao movimento dos seres vivos, e tinham uma visão antropocêntrica deste conceito.

Uma vez que as concepções alternativas são geralmente robustas e persistentes, é essencial não só diagnosticá-las, mas também utilizar estratégias pedagógicas apropriadas que permitam alterá-las, de acordo com o que é cientificamente aceite. De uma forma geral, o ensino tradicional tende a não considerar as ideias prévias dos alunos e, desta forma, condiciona a compreensão dos modelos científicos aceites (Eryilmaz, 2002). Assim, o reconhecimento e a consideração das concepções iniciais dos alunos é de extrema importância para o processo de ensino-aprendizagem, pelo que devem ser componentes integrais da Educação em Ciências.

A Educação STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) reveste-se de particular relevância, uma vez que providencia ambientes de aprendizagem que potenciam a construção de conhecimento e o desenvolvimento de diversas competências através de abordagens baseadas em resolução de problemas, usando tarefas do “mundo real”, onde o aluno tem um papel ativo em ambientes de trabalho multidisciplinares, criativos e colaborativos (Moore et al., 2015). Este tipo de abordagem tem a potencialidade de “aproximar a aprendizagem das Ciências da vida e interesse dos alunos” (Pilot & Bulte, 2006, p. 953, tradução nossa) através de contextos e desafios aliciantes que lhes permitam compreender porque é que estão a aprender determinados conceitos. Mais em concreto, através de uma abordagem centrada nos alunos, da aprendizagem baseada em *inquiry*, de desafios de engenharia, etc., os alunos estão motivados e são encorajados a construir e a aplicar ativamente o conhecimento científico, através da resolução de problemas (National Research Council, 2000). Assim, são levados à assimilação e acomodação de novas ideias às ideias prévias que possuem, reestruturando as suas estruturas cognitivas de forma a dar sentido e integrar os novos conceitos (Piaget, 1964).

No currículo português, e ao nível do 3º ciclo, os temas “Energia” e “Transferência de Energia” são abordados na disciplina de Físico-Química no 7º ano e no 9º ano. No 7º ano o tema é abordado com o objetivo de os alunos reconhecerem que a energia está associada a sistemas, que se transfere conservando-se globalmente, que as fontes de energia são relevantes na sociedade, e que há vários processos de transferência de energia. No 9º ano o objetivo é que os alunos compreendam que existem dois tipos fundamentais de energia (energia cinética e energia potencial), podendo um transformar-se no outro, e que a energia se pode transferir entre sistemas por ação de forças (Fiolhais, 2013).

Neste sentido, a atividade STEM utilizada neste estudo intentou que os alunos trabalhassem os conceitos relacionados com a energia numa perspetiva mais apelativa, através da construção de um artefacto (carro

movido a elásticos) que lhes proporcionou a oportunidade de fazerem a associação entre o conhecimento científico, o conhecimento abstrato e a aplicação (Thibaut et al., 2018). Este artefacto pretendeu possibilitar que os alunos desenvolvessem e aplicassem conceitos científicos (e.g. energia potencial elástica, energia cinética e transformações de energia), bem como outras competências, durante o processo de design em que estiveram envolvidos.

Em termos de objetivo, este estudo pretendeu conhecer, através da utilização de um teste de associação de palavras (do inglês *Word Association Test*, WAT), o efeito de uma abordagem STEM para o ensino do tópico “Transformações de Energia” (9º ano), nas conceções dos alunos. As seguintes questões de investigação orientaram o estudo: 1) Quais as conceções iniciais dos alunos sobre conceitos relacionados com o tópico “Transformações de Energia” presentes nas estruturas cognitivas dos alunos?; e 2) Quais as conceções dos alunos sobre conceitos relacionados com o tópico “Transformações de Energia”, presentes nas estruturas cognitivas dos alunos, após estes estarem envolvidos numa tarefa STEM sobre o tópico em questão?

## 2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

### 2.1. EDUCAÇÃO STEM

Nas últimas décadas, a Educação STEM tem tido um papel cada vez mais relevante nas políticas educativas internacionais. De acordo com a literatura, esta relevância justifica-se pela necessidade de consciencializar os jovens sobre a importância dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos, que ocorrem a um ritmo cada vez mais elevado, e pela necessidade de motivar e recrutar alunos para carreiras científicas, como forma de dar resposta à competitividade global com que as sociedades se deparam (Chiu & Duit, 2011; Sanders, 2009).

No sentido mais lato, a Educação STEM refere-se a uma abordagem que contempla a integração das quatro áreas, e que tem a potencialidade de motivar os alunos para prosseguirem os seus estudos nestas áreas. Na literatura estão disponíveis vários estudos que ilustram as potencialidades da Educação STEM, nomeadamente a promoção da curiosidade dos alunos acerca de fenómenos naturais (Crippen & Antonenko, 2018) e uma melhoria de atitudes relativamente a áreas científicas, que se traduzem num aumento da motivação e do interesse pelas mesmas (Shahali et al., 2017; Toma & Greca, 2018), bem como na intenção dos alunos de prosseguirem carreiras em áreas STEM (Christensen & Knezek, 2017; Kitchen et al., 2018).

Contudo, a forma como as quatro disciplinas STEM são integradas e a forma como a Educação STEM é implementada em sala de aula são questões que ainda suscitam alguma controvérsia e interpretações distintas, pelo que é possível encontrar variadas posições relativamente à Educação STEM e, em particular, à Integração STEM (Martín-Páez et al., 2019). De acordo com Sgro et al. (2020), a Integração STEM é “o que quer que alguém decida que significa” (p. 185, tradução nossa), referindo-se às múltiplas perspetivas em termos de possibilidades de integração das áreas STEM. As mais recentes contribuições

para uma definição de Integração STEM incluem os trabalhos de Quinn et al. (2020) e de Ortiz-Revilla et al. (2020, 2022), que incidem, essencialmente, sobre a natureza das áreas STEM e numa possível natureza do STEM (NOSTEM – *Nature of STEM*), que é mais do que a soma das naturezas de cada uma das áreas STEM, e que contempla e é coerente com valores humanistas (Ortiz-Revilla et al., 2020). Assim, e de acordo com esta perspetiva, o objetivo da Educação STEM será o de capacitar jovens para serem cidadãos informados e ativos face a assuntos socio-científicos, promovendo a cidadania numa sociedade mais justa e sustentável, e manter estas competências ao longo da vida (Ortiz-Revilla et al., 2020).

Neste trabalho, compartilhamos a perspetiva de Park et al. (2020) relativa ao termo Integração STEM, que “envolve um sentido de integração das quatro disciplinas constituintes, de várias formas e níveis, ao invés de considerá-las como disciplinas isoladas umas das outras” (p. 901, tradução nossa). Especificamente, e em termos de práticas subjacentes a este tipo de abordagem, foi adotado o modelo de Thibaut et al. (2018) para a Integração STEM. De acordo com este modelo, é fundamental a consideração de cinco ideias-chave: (i) integração dos conteúdos das disciplinas STEM, que deve ser explícita, para ajudar os alunos a desenvolverem os seus conhecimentos e competências nas diferentes disciplinas STEM; (ii) aprendizagem baseada na resolução de problemas, essencial para envolver os alunos em problemas reais, autênticos e com significado; (iii) aprendizagem baseada em *inquiry*, que possibilita aos alunos o envolvimento em diferentes práticas que lhes permitem resolver o problema inicial, aprender novos conceitos, e desenvolver novas competências através do questionamento e atividades *hands-on*; (iv) aprendizagem baseada em *design*, que implica desafios de engenharia como forma de aprofundar o conhecimento dos alunos acerca das ideias centrais; e (v) realização de trabalho colaborativo, que, através da promoção do trabalho em grupo e da comunicação, promove um reforço dos conhecimentos dos alunos. Assim, a definição destes cinco princípios assegura uma descrição específica e detalhada das práticas que dizem respeito à Integração STEM, a qual, de acordo com Tsupros et al. (2009), oferece aos alunos oportunidades de experienciar situações do mundo real, ao invés de fragmentos de aprendizagem. Desta forma, os alunos adquirem um conhecimento mais profundo sobre cada disciplina, ampliam a sua compreensão sobre disciplinas STEM através da sua exposição a contextos social e culturalmente relevantes, e aumentam o seu interesse relativamente às disciplinas STEM. Na secção da “Metodologia” é apresentada uma descrição que permite evidenciar as características do modelo de Thibaut et al. (2018) na atividade STEM implementada com os alunos.

Uma das potencialidades mais importantes da Educação STEM é o facto de ser facilitadora das aprendizagens (National Academy of Engineering and National Research Council, 2014) e são vários os estudos que evidenciam os benefícios deste tipo de abordagem (e.g. Cotabish et al., 2013; Crotty et al., 2017; Gazibeyoglu & Aydin, 2019). Uma forma de conhecer as aprendizagens realizadas pelos alunos, bem como de compreender o processo de aprendizagem, é através da exploração das suas estruturas cognitivas (Tsai & Huang, 2002).

## 2.2. ESTRUTURAS COGNITIVAS E TESTE DE ASSOCIAÇÃO DE PALAVRAS (WAT)

As estruturas cognitivas são constructos hipotéticos que se referem à organização de conceitos na memória, i.e., são as relações que se estabelecem entre conceitos, termos e/ou processos e que são armazenadas na memória a longo termo, de forma hierárquica (Taber, 2008; Tsai, 2001).

De acordo com a perspectiva construtivista do processo de aprendizagem, Piaget (1978) e Vygotsky (1978) enfatizam a importância do conhecimento prévio no desenvolvimento cognitivo e na mudança conceptual, uma vez que este é o ponto de partida para a organização e interpretação de nova informação. Para Ausubel (1963), as estruturas cognitivas são o fator mais importante na construção de conhecimento, dado que contêm as experiências e conhecimentos prévios dos alunos, que determinam a reconstrução e processamento de nova informação. Assim sendo, uma estrutura cognitiva pobre irá resultar num processamento e/ou retenção insuficiente de novos conhecimentos. O conhecimento das estruturas cognitivas dos alunos é, então, fundamental para a promoção de uma aprendizagem significativa, na medida em que permite aos professores conhecer as concepções dos alunos, as relações que estabelecem entre conceitos e se estas concepções e relações são compatíveis com o que é aceite do ponto de vista científico.

Tendo em conta o referido, a importância do conhecimento das estruturas cognitivas reside no facto de permitir compreender com que extensão a estrutura na memória dos alunos se sobrepõe à estrutura do conceito disciplinar e em que medida ajuda os alunos na resolução de problemas e/ou no desenvolvimento de competências de ordem mais elevada (Cardellini & Bahar, 2000) como as que estão envolvidas na aprendizagem de novos conceitos científicos: comparação, análise, compreensão, construção de modelos, elaboração, etc. (Kostova & Radoynovska, 2008).

As estruturas cognitivas podem ser conhecidas através de diferentes métodos, entre os quais se incluem os Testes de Associação de Palavras (WAT, do inglês *Word Association Test*). Os WAT foram inicialmente desenvolvidos por Johnson (1967, 1969) e têm sido utilizados nas últimas décadas na investigação em Educação como instrumentos que permitem conhecer quais as associações que os alunos estabelecem entre conceitos. Um WAT tem como base a ideia de que, se for solicitado a um indivíduo que indique, rapidamente, a primeira palavra em que pensa (palavra-resposta) quando lhe é apresentada uma determinada palavra (palavra-estímulo), a sua resposta é reveladora da ideia mais fortemente associada à palavra-estímulo (Cardellini & Bahar, 2000). De acordo com Bahar et al. (1999), os WAT são considerados um retrato instantâneo das estruturas cognitivas dos alunos, i.e., das suas estruturas cognitivas no seu estado bruto.

A implementação de um WAT consiste, inicialmente, na seleção, por parte do investigador, das palavras relevantes (palavras-estímulo) relacionadas com o tópico em estudo. Posteriormente, essas palavras-estímulo são apresentadas aos alunos e é-lhes solicitado que, num curto período de tempo, escrevam palavras associadas a cada uma das palavras-estímulo, e que constituem as palavras-resposta (Bahar et al., 1999; Hovardas & Korfiatis,

2006; Nakiboglu, 2008). Desta forma, um WAT providencia informação sobre a quantidade de variedade de respostas relacionadas com os conceitos-chave, o que permite desvendar a complexidade das associações entre os conceitos e a compreensão do tópico em questão.

Os dados obtidos através da implementação de um WAT podem ser representados sob a forma de mapas que ilustram a estrutura cognitivas dos alunos, i.e., a forma como os alunos armazenam a informação relativa a um determinado tópico. Um mapa caracterizado por uma rede interconectada de conceitos, que permite ao aluno transitar de um conceito para outro, é indicativo da capacidade de resolução de problemas. Pelo contrário, um mapa constituído por ilhas isoladas faz com que tenha mais dificuldades em resolver problemas mais complexos, uma vez que não consegue mobilizar conhecimentos relativos a conceitos que se posicionem em ilhas distintas (Cardellini & Bahar, 2000).

Contudo, os WAT, tal como descritos, não permitem conhecer a natureza das associações que os alunos estabelecem entre os termos (Gunstone, 1980). Por esta razão, alguns autores sugerem que os WAT devem ser complementados com outros métodos, nomeadamente entrevistas, escrita livre e/ou mapas conceptuais (Derman & Eilks, 2016; Nakiboglu, 2008).

De acordo com Şendur e Toprak (2017), os estudos realizados com implementação de WAT podem ser divididos em dois grupos: os que se aplicam num só momento, e que permitem conhecer as estruturas cognitivas dos alunos, e aqueles que são aplicados em dois momentos diferentes (pré-teste/pós-teste) e que pretendem evidenciar o desenvolvimento das estruturas cognitivas dos alunos, em consequência de, por exemplo, uma sequência de aulas.

Na literatura, existem vários estudos que utilizam os WAT como forma de conhecer as estruturas cognitivas, nomeadamente na área das Ciências e, em particular, na área da Física e da Química. A título exemplificativo, destacam-se alguns desses estudos. Por exemplo, Nakiboglu (2008) realizou um estudo com 40 futuros professores do 1º ciclo do ensino básico, cujo objetivo era compreender o desenvolvimento das suas estruturas cognitivas relativamente à estrutura atómica. Para tal, foi realizado um WAT (pré-teste/pós-teste) com 10 palavras-estímulo e os resultados revelaram que houve um desenvolvimento das estruturas cognitivas dos participantes no que diz respeito à compreensão de conceitos relacionados com o modelo quântico do átomo. No trabalho de Yildirim e Dermikol (2018), os autores investigaram as estruturas cognitivas de 153 alunos (6º ano) acerca do tema das transformações físicas e transformações químicas, através da implementação de um WAT com seis palavras-estímulo. Os resultados obtidos levaram os autores a concluir que os alunos tinham muitas dificuldades em distinguir transformações físicas de transformações químicas. Ao nível do ensino secundário, Özcan e Tavukçuoglu (2018) realizaram um estudo que consistiu na implementação de um WAT sobre o conceito de luz, com 136 alunos do 11º e 12º anos de escolaridade. Isto permitiu aos autores verificar que os alunos possuíam uma estrutura cognitiva desajustada acerca do conceito de luz, que resultou na construção de explicações incorretas do ponto de vista científico.

No contexto português, e também no que diz respeito à área das Ciências, para além dos estudos já referidos anteriormente (Fernandes & Soares, 2022; Marques, 2009), é também exemplo o estudo realizado por Baptista et al. (2019) com 68 alunos do 12<sup>o</sup> ano, que pretendeu avaliar a evolução das estruturas cognitivas dos alunos acerca da reação de hidrólise alcalina, promovida pelo uso de multirrepresentações. Foi possível verificar que as multirrepresentações permitiram aos alunos o desenvolvimento mais aprofundado dos conteúdos, o que se traduziu num mapa das estruturas cognitivas final mais complexo e com ligações significativas e relevantes entre os conceitos centrais subjacentes ao tema. Outros estudos, nomeadamente sob a forma de trabalhos académicos, como dissertações de mestrado e relatórios de prática supervisionada, também fazem uso de WAT para conhecer as estruturas cognitivas dos alunos (e.g. Camoez, 2012; Cardoso, 2020; Tomás, 2021).

### 3. METODOLOGIA

Este estudo seguiu um *design* de pré-teste/pós-teste, com um grupo único (Cook & Campbell, 1979), o que permitiu a recolha de dados acerca de alterações nas estruturas cognitivas dos alunos antes e depois de estarem envolvidos numa atividade STEM sobre “Transformações de Energia”. O estudo enquadra-se no paradigma qualitativo, embora também tenha uma abordagem quantitativa, justificada pela utilização de instrumentos de recolha de dados que medem variáveis passíveis de, *a posteriori*, serem comparadas e relacionadas através de critérios de grau ou intensidade, como o caso de frequências (Almeida & Freire, 2003).

#### 3.1. CONTEXTO E PARTICIPANTES

O estudo realizou-se numa escola de ensino particular e cooperativo do distrito de Lisboa e os participantes do estudo pertenciam a uma turma do 9<sup>o</sup> ano, composta por 31 alunos (21 rapazes e 10 raparigas), com idades compreendidas entre os 13 e os 16 anos. A seleção da turma foi feita por conveniência: a professora investigadora lecionava as aulas de Física e Química pelo terceiro ano consecutivo a estes alunos, e sempre manteve com eles uma excelente relação. Adicionalmente, no ano letivo anterior a turma tinha sido selecionada para participar no estudo TIMSS8 2019 (*Trends in International Mathematics and Science Study*), ao qual os alunos aderiram muito bem.

A professora investigadora é licenciada em Ensino de Físico-Química, possui um Mestrado em Ensino na área da Didática das Ciências e tem 14 anos de serviço na escola onde foi realizado o estudo descrito neste trabalho.

Este estudo foi aprovado pelo Conselho de Ética do Instituto de Educação da Universidade de Lisboa. A escola e os pais dos alunos foram esclarecidos acerca dos objetivos e a natureza da investigação, por intermédio de consentimentos informados, sendo-lhes também comunicada a garantia de anonimato e o direito de abandonar a investigação a qualquer momento.

### 3.2. ATIVIDADE STEM

A atividade STEM implementada em sala de aula foi desenvolvida, em contexto formal (cinco aulas de 60 minutos), de acordo com o modelo de Thibaut et al. (2018), e teve como objetivos de aprendizagem: (i) analisar diversas formas de energia usadas no dia a dia, a partir dos dois tipos fundamentais de energia: potencial e cinética; e (ii) concluir sobre transformações de energia potencial em cinética.

Para além destes objetivos, a atividade também permitiu a abordagem de conceitos prévios do organizador/domínio “Movimentos e Forças/Movimentos na Terra”, tais como movimentos retilíneos e velocidade. Ademais, a atividade permitiu o desenvolvimento de várias competências transversais, como por exemplo resolução de problemas, formulação de hipóteses e questões, planificação e execução de atividades, competências de comunicação, colaboração, pensamento crítico, criatividade, utilização de tecnologias de informação e comunicação, e autorregulação.

A atividade iniciou-se com um pequeno texto introdutório sobre competições de carros de elásticos construídos por alunos noutros países e uma pequena explicação onde se referia a transformação de energia potencial elástica em energia cinética. Nesta etapa os alunos puderam observar modelos de carros de elásticos nas imagens e através de vídeos.

Após esta introdução, e em grupos de três a quatro elementos, os alunos tiveram de: (i) projetar e desenhar um protótipo de um carro que permitisse transformar energia potencial elástica em energia cinética; (ii) testar os carros construídos, garantindo que estes percorriam três metros em linha reta; (iii) fazer alterações, caso necessário, aos protótipos construídos e registá-las por escrito, justificando as suas escolhas; (iv) calcular a velocidade média do carro construído através de uma aplicação de telemóvel (*Arduino Science Journal da Arduino*, LLC); e (v) apresentar e eleger o melhor protótipo da turma. No final do guião de trabalho era apresentada uma etapa facultativa – “Vai mais longe...” –, onde se sugeria aos alunos que elaborassem um *poster* ilustrativo de todas as etapas de construção do protótipo.

O alinhamento desta atividade com o modelo proposto por Thibaut et al. (2018) é fundamentado através da utilização de um problema real, ao qual os alunos tinham de dar resposta. A atividade é caracterizada pela integração de conteúdos de Ciência (Física), Engenharia (processo de *design* na construção do protótipo), Tecnologia (utilização de ferramentas web para a realização de pesquisas e utilização de uma aplicação de telemóvel como instrumento de medição), Matemática (realização de cálculos, construção de tabelas, análise de gráficos). Adicionalmente, os alunos foram envolvidos num processo de inquiry, que lhes proporcionou a oportunidade de planificar uma experiência, recolher e analisar dados, formular hipóteses e explicações, comunicar os resultados e avaliá-los.

### 3.3. RECOLHA DE DADOS

Neste estudo foi utilizado um WAT como instrumento de recolha de dados, cujo objetivo era conhecer as estruturas cognitivas dos alunos relativamente aos conceitos de energia cinética, energia potencial e transformações de energia.

Para tal, o mesmo WAT foi implementado em dois momentos distintos: um pré-teste e um pós-teste. O pré-teste, que correspondeu ao Momento 1 (M1), foi realizado três semanas antes da implementação da atividade STEM, e o pós-teste, que correspondeu ao Momento 2 (M2), foi realizado três semanas após a implementação da atividade STEM.

Para promover a associação de palavras, foram facultadas aos alunos seis palavras (palavras-estímulo), cada uma numa folha de papel separada: “Energia cinética”, “Energia potencial”, “Massa”, “Velocidade”, “Transformação”, “Deformação”. A seleção das palavras-estímulo foi realizada pelas autoras, tendo em conta os conceitos centrais do tópico em questão. Para além da utilização de folhas separadas para cada palavra-estímulo, cada folha continha a palavra-estímulo repetida cinco vezes, para prevenir o efeito de resposta em cadeia, ou seja, para prevenir que os alunos associassem palavras com base na última resposta dada.

Foi, então, solicitado aos alunos que escrevessem todas as palavras (palavras-resposta) que conseguissem associar a cada uma das palavras-estímulo. Adicionalmente, e como forma de conhecer a natureza das associações, foi-lhes pedido que escrevessem uma frase na qual incluíssem cada uma das palavras-estímulo e as suas palavras-resposta. Em cada um dos momentos, os alunos tiveram aproximadamente 10 minutos para realizar o WAT.

A opção de utilização de um WAT, bem como da escrita livre de frases, foi feita tendo em conta não só os aspetos e potencialidades mencionados previamente, mas também a facilidade de utilização destes instrumentos de recolha de dados com um número considerável de alunos. Desta forma, é possível não só considerar as respostas de cada um dos alunos individualmente (embora não tenha sido o foco deste estudo), mas também obter um conjunto de dados, relativos a todos os alunos, de forma bastante rápida e eficaz.

### 3.4. ANÁLISE DE DADOS

A análise dos dados do WAT foi realizada quantitativamente, com base no método de mapa de frequências (Bahar et al., 1999; Nakiboglu, 2008), que consistiu na análise dos termos associados às palavras-estímulo: as palavras-resposta que eram significativas, i.e., aquelas que estavam relacionadas com o tópico em estudo, foram validadas e contabilizadas como palavras-resposta. Para garantir a fiabilidade, os resultados foram analisados de forma independente pelas duas últimas autoras e a comparação das análises realizadas foi feita tendo em conta o critério de contagem de palavras-resposta diferentes. De acordo com o método de Miles e Huberman (1994), verificou-se que o consenso entre autoras foi superior a 93 %, tanto para o pré-teste como para o pós-teste.

Numa primeira análise, foi construída uma tabela com o número de respostas diferentes para cada palavra-estímulo nos dois momentos (Tabela 1), uma vez que este número é uma indicação direta da relevância do conceito em questão: quantas mais palavras estiverem associadas a um termo, mais significado esse termo tem para o aluno (Bahar et al., 1999).

Posteriormente, foi construída a tabela de frequências (Tabela 2) e, a partir desta, foi possível a elaboração dos mapas das estruturas cognitivas dos alunos, relativas ao tópico em estudo, para os momentos M1 e M2 (Figura 1 e Figura 2). A construção dos mapas das estruturas cognitivas dos alunos iniciou-se pelo estabelecimento dos intervalos de frequências superior e inferior. Para ambos os momentos, pré-teste e pós-teste, o limite superior correspondeu a  $19 \geq f \geq 15$  e o limite inferior, que corresponde ao intervalo de frequências onde se verificou o aparecimento de todas as palavras-estímulo, foi definido como sendo  $9 \geq f \geq 5$  para M1 e  $14 \geq f \geq 10$  para M2. Depois de estabelecidos os limites e intervalos de frequências dos mapas, as palavras-estímulo foram colocadas nos mapas dentro de retângulos e foram utilizadas setas para unir as palavras-estímulo às palavras-resposta dadas pelos alunos. A espessura das setas e dos retângulos foi determinada pelo valor da frequência da palavra-resposta à palavra-estímulo e representa a força das associações: quanto mais grossa a seta, maior a frequência e, conseqüentemente, mais forte a associação. Desta forma, foi possível ter uma ideia da força e direção das associações feitas pelos alunos (Derman & Eilks, 2016; Nakiboglu, 2008).

Adicionalmente, e com o objetivo não só de conhecer a natureza das associações feitas pelos alunos, mas também de colmatar as limitações do WAT descritas por Gunstone (1980) e Nakiboglu (2008), foi realizada uma análise qualitativa das frases escritas pelos alunos.

#### 4. RESULTADOS

Com o intuito de realizar uma primeira análise, mais geral, das diferenças nas estruturas cognitivas dos alunos antes e depois da realização da atividade STEM, foi construída a Tabela 1, onde é indicado o número de respostas diferentes, para cada palavra-estímulo, no pré-teste (M1) e no pós-teste (M2). De acordo com os resultados obtidos, houve um incremento de 10 palavras-resposta diferentes, do pré-teste para o pós-teste. As palavras com aumentos mais significativos foram “Energia potencial” (sete respostas em M1 e 10 respostas em M2) e “Deformação” (quatro respostas em M1 e oito respostas em M2).

**Tabela 1***Número de Palavras-Resposta Diferentes em M1 (pré-teste) e M2 (pós-teste)*

Palavra-estímulo	M1	M2
Energia cinética	7	8
Energia potencial	7	10
Massa	6	6
Velocidade	5	6
Transformação	6	7
Deformação	4	8
TOTAL	35	45

Fonte: Elaboração própria.

A tabela de frequências construída a partir das respostas dadas pelos alunos ao WAT, no pré-teste (M1) e no pós-teste (M2), é apresentada de seguida (Tabela 2).

**Tabela 2***Tabela de Frequências do WAT em M1 (pré-teste) e M2 (pós-teste)*

Palavra-resposta	Energia cinética		Energia potencial		Massa		Velocidade		Transformação		Deformação	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Energia cinética	-	-	3	6	1	6	1	10	1	10	-	-
Energia potencial	3	5	-	-	1	5	-	-	1	10	-	-
Massa	4	19	-	17	-	-	1	1	1	2	-	1
Velocidade	6	18	-	-	2	-	-	-	-	-	1	1
Transformação	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	7
Deformação	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-
Rapidez	-	-	-	-	-	-	8	11	-	-	-	-
Movimento	10	3	4	-	-	-	4	3	-	-	-	2
Repouso	-	-	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia	5	1	2	-	-	-	-	-	9	12	-	-
Elástica	-	-	3	19	-	-	-	-	-	1	-	3
Corpo	3	3	5	2	18	11	9	5	2	3	13	10
Força	2	1	-	-	2	-	-	-	1	1	7	5
Peso	-	1	-	-	15	15	-	1	-	-	-	-
Gravítica	-	-	4	19	-	-	-	-	-	-	-	-
Gravidade	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Altura	-	-	-	15	-	1	-	-	-	-	-	-
Elástico	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	4
Mola	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaboração própria.

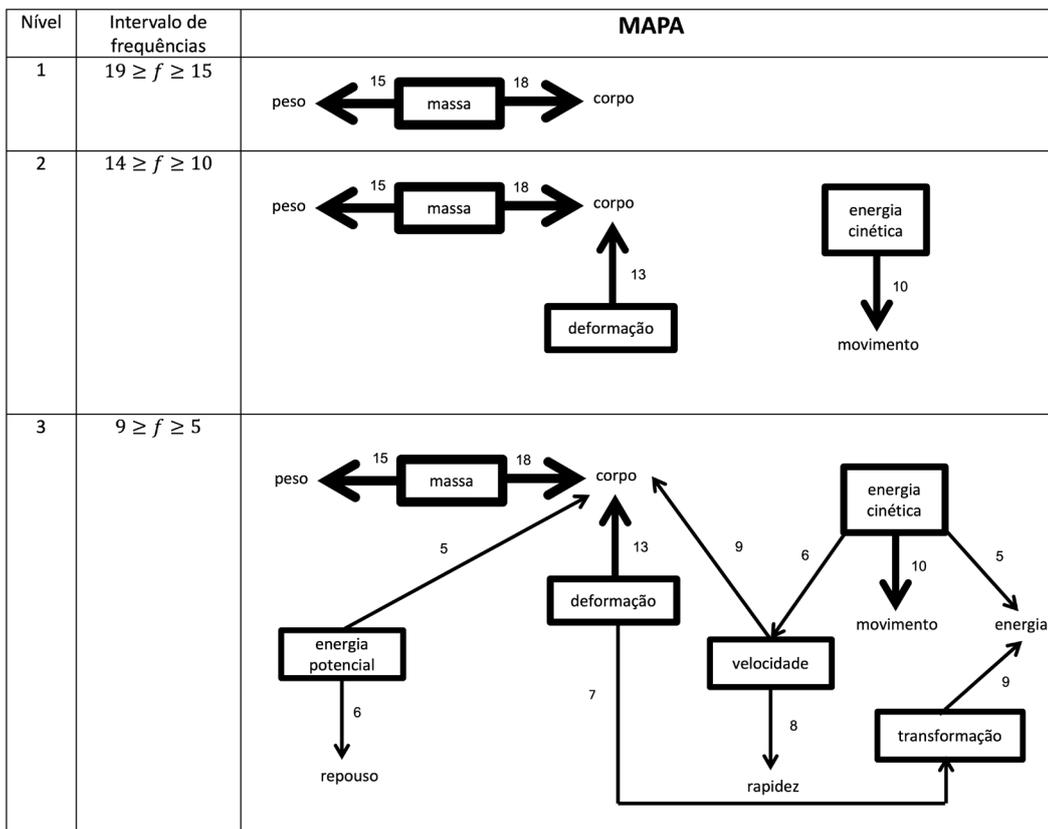
Os resultados apresentados na Tabela 2 foram utilizados para a construção dos mapas das estruturas cognitivas dos alunos, para cada um dos momentos: pré-teste/M1 (Figura 1) e pós-teste/M2 (Figura 2).

#### 4.1. ESTRUTURAS COGNITIVAS INICIAIS: PRÉ-TESTE

De acordo com os resultados apresentados na Figura 1, o mapa das estruturas cognitivas dos alunos, em M1, é caracterizado pela presença de três níveis, sendo que no nível de associação mais forte (Nível 1) aparece apenas uma palavra-estímulo (“Massa”), no nível seguinte (Nível 2) aparecem mais duas palavras-estímulo (“Deformação” e “Energia cinética”) e no nível mais baixo (Nível 3) aparecem as restantes palavras-estímulo (“Energia potencial”, “Velocidade” e “Transformação”).

**Figura 1**

*Mapa das Estruturas Cognitivas dos Alunos no Pré-Teste (M1)*



Fonte: Elaboração própria.

No nível de associação mais forte (Nível 1), aparece uma única palavra-estímulo, “Massa”, que os alunos associaram a duas palavras-resposta (“Corpo” e “Peso”), e verificou-se que a maioria dos alunos consideram a massa como uma propriedade de um corpo, que se relaciona com o peso. No nível seguinte (Nível 2), verifica-se uma ligação entre duas palavras-estímulo (“Massa” e “Deformação”), por intermédio da palavra-resposta “Corpo”. Assim, neste momento, alguns alunos compreendem que os corpos podem sofrer deformação e que a energia cinética de um corpo está associada ao

seu movimento. No nível de associação mais fraco (Nível 3), para frequências entre 5 e 9, surgem as restantes palavras-estímulo: “Energia potencial”, “Velocidade” e “Transformação”. No caso da palavra-estímulo “Energia potencial”, esta surge associada às palavras-resposta “Repouso” e “Corpo”. Também a palavra-estímulo “Velocidade” surge com a palavra-resposta “Corpo”. Assim, a palavra-resposta “Corpo” leva a uma associação entre as palavras-estímulo “Massa”, “Deformação”, “Velocidade” e “Energia potencial”. Também neste Nível 3, surge a palavra-estímulo “Transformação” como resposta à palavra-estímulo “Deformação”, e a palavra-estímulo “Velocidade” surge como resposta da palavra-estímulo “Energia cinética” e tem, por sua vez, associada a palavra-resposta “Rapidez”. Por último, e ainda neste nível, a palavra-resposta “Energia” surge associada às palavras-estímulo “Energia cinética” e “Transformação”.

A natureza das associações de palavras foi analisada tendo em conta as frases escritas pelos alunos. Por uma questão de organização e compilação de resultados, foram selecionadas as frases mais representativas (Tabela 3), que ilustram as principais ideias dos alunos.

**Tabela 3***Exemplos de Frases Escritas Pelos Alunos em M1 (Pré-Teste)*

<b>Associação</b>	<b>Exemplo de frase</b>
Massa-corpo	Todos os corpos têm massa.
Massa-peso	A massa permite-nos medir o peso de um corpo.
Deformação-corpo	Quando há colisão entre dois corpos, há deformação.
Energia cinética-movimento	A energia cinética está associada ao movimento.
Energia potencial-repouso-corpo	Um corpo em repouso tem energia potencial.
Velocidade-corpo	A velocidade está presente em corpos como o carro.
Deformação-corpo-velocidade	Na colisão de um carro com um camião pode existir deformação ou alteração de velocidade.
Deformação-transformação	A deformação é o processo de transformação de um objeto maleável sujeito a uma força de contacto.
Velocidade-energia cinética	Quanto maior for a velocidade, maior será a energia cinética.
Velocidade-rapidez	A velocidade refere-se à rapidez.
Energia cinética-energia	A energia cinética é uma forma de energia.
Transformação-energia	Pode haver transformação de energia.

Fonte: Elaboração própria

Assim, através dos resultados obtidos em M1, verificou-se que mais de metade dos alunos (58%) tinha a noção de que a massa está relacionada com o corpo e praticamente metade dos alunos (48%) relacionava a massa com o peso, distinguindo os dois conceitos. Menos de metade dos alunos (42%) identificou que a deformação acontece num corpo e cerca de 32% dos alunos relacionaram a energia cinética com movimento. Um grupo mais pequeno de alunos (entre 16% e 29%) identificou que a velocidade se relaciona a rapidez

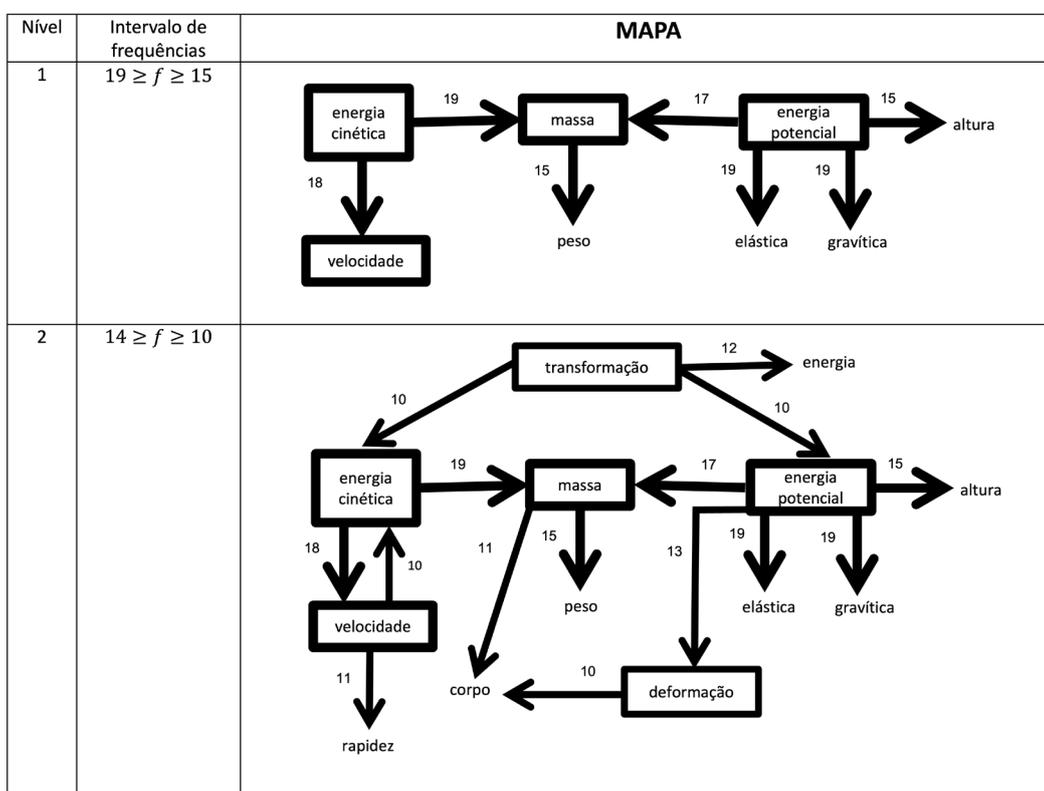
de um corpo, que pode haver transformação de energia, relacionou a energia cinética com a velocidade e a energia potencial com um corpo em repouso.

#### 4.2. ESTRUTURAS COGNITIVAS INICIAIS: PÓS-TESTE

Em M2, ou seja, após a realização da atividade (pós-teste), o mapa das estruturas cognitivas dos alunos (Figura 2) caracteriza-se pela existência de apenas dois níveis de frequências. No Nível 1, que corresponde ao nível de associação mais forte, aparecem quatro palavras-estímulo – “Energia cinética”, “Energia potencial”, “Velocidade” e “Massa” – e no Nível 2 surgem as restantes palavras-estímulo: “Transformação” e “Deformação”. Assim, verifica-se que as seis palavras-estímulo ocorrem, em M2, com frequências mais elevadas do que em M1.

Figura 2

Mapa das Estruturas Cognitivas dos Alunos no Pós-Teste (M2)



Fonte: Elaboração própria.

No Nível 1, surgem associações significativas entre quatro palavras-estímulo. A palavra-estímulo “Energia cinética” tem como resposta as palavras-estímulo “Velocidade” e “Massa”, sendo que “Massa”, por sua vez, é resposta à palavra-estímulo “Energia potencial”. Esta última palavra-estímulo tem ainda como palavras-resposta “Elástica”, “Gravítica” e “Altura”, e a palavra-estímulo “Massa” tem como palavra-resposta “Peso”. Neste nível, verifica-se uma conexão entre as palavras-estímulo “Energia cinética” e “Energia potencial” através da palavra-estímulo “Massa”, que é resposta para as duas. Assim, através destes resultados, pode-se inferir que a maioria dos alunos compreendeu que a energia cinética depende da velocidade

e da massa, que a energia potencial gravítica depende da massa e da altura, e que a energia potencial pode ser gravítica ou elástica.

No Nível 2, como já referido, surgem as restantes palavras-estímulo (“Transformação” e “Deformação”). Neste nível, a associação entre as palavras-estímulo “Velocidade” e “Energia cinética” é reforçada, uma vez que a palavra-estímulo “Velocidade” surge agora com a palavra-estímulo “Energia cinética” como resposta. Assim, é possível afirmar que os alunos compreendem que a energia cinética depende da velocidade. Para a palavra-estímulo “Energia potencial” surge mais uma palavra-resposta, “Deformação”, e ocorre também uma associação entre as palavras-estímulo “Massa” e “Deformação” através da palavra-resposta “Corpo”. Relativamente à palavra-estímulo “Velocidade”, esta aparece associada à palavra-resposta “Rapidez”, à semelhança do que acontecia no pré-teste. Por último, a palavra-estímulo “Transformação” tem como respostas a palavra “Energia” e as palavras-estímulo “Energia cinética” e “Energia potencial”. Esta última conexão é muito importante, uma vez que se pretendia que os alunos compreendessem que é possível transformar energia potencial em energia cinética.

À semelhança do que foi feito para os resultados do pré-teste, a natureza das associações de palavras foi analisada com base nas frases escritas pelos alunos. As frases mais representativas das principais ideias dos alunos são apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4**

*Exemplos de Frases Escritas Pelos Alunos em M2 (Pós-Teste)*

<b>Associação</b>	<b>Exemplo de frase</b>
Energia cinética-velocidade- massa	A energia cinética depende da velocidade e da massa.
Energia potencial-gravítica-elástica	A energia potencial pode ser gravítica ou elástica.
Energia potencial gravítica-massa-altura Energia potencial elástica-massa-deformação	A energia potencial gravítica depende da massa e da altura, enquanto a energia potencial elástica depende da massa e da deformação de um elástico ou uma mola.
Energia cinética-energia potencial-massa	A energia potencial e a energia cinética dependem da massa.
Massa-peso	A massa do corpo permite ver quanto é que pesa.
Deformação-corpo	A deformação pode ocorrer nos corpos.
Velocidade-rapidez	Quanto maior a rapidez, maior a velocidade do corpo.
Transformação-energia cinética-energia potencial	Existe transformação de energia cinética para potencial e vice-versa.

Fonte: Elaboração própria.

Pela análise dos resultados obtidos no pós-teste (M2), pode-se verificar que a maior parte dos alunos, após a implementação da atividade STEM, conseguem relacionar a energia cinética com a velocidade (58%) e com a massa (61%), compreender que a energia potencial depende da massa (55%) e identificar que a energia potencial pode ser elástica (61%) ou gravítica (61%). Relativamente à transformação de energia, 32% dos

alunos conseguiram fazer a associação entre energia potencial e energia cinética, afirmando que se podem transformar uma na outra. Por último, os alunos conseguem relacionar a deformação com a energia potencial (42%).

## 5. DISCUSSÃO

Este estudo pretendeu conhecer o efeito de uma abordagem STEM sobre o tópico “Transformações de Energia” no desenvolvimento das estruturas cognitivas dos alunos acerca do tópico em questão. Para isso, foi implementado um WAT antes e depois da realização da atividade STEM e os resultados foram analisados através da construção de mapas das estruturas cognitivas e levando em consideração as frases escritas pelos alunos.

Nesta secção, é apresentada uma discussão dos resultados descritos, e, por uma questão de organização, essa discussão é feita tendo em conta as questões de investigação que guiaram este estudo.

### 5.1. QUAIS AS CONCEÇÕES INICIAIS DOS ALUNOS SOBRE CONCEITOS RELACIONADOS COM O TÓPICO “TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA” PRESENTES NAS ESTRUTURAS COGNITIVAS DOS ALUNOS?

De forma muito resumida, e de acordo com os resultados obtidos (Tabela 1), foi possível observar que, no pré-teste, os alunos associaram às seis palavras-estímulo 35 palavras-resposta diferentes. Dessas palavras-resposta, apenas 12 estão presentes no mapa das estruturas cognitivas dos alunos no pré-teste (Figura 1), distribuídas por três níveis de frequências, sendo o nível de associação mais fraca (Figura 1, Nível 3) aquele onde aparece metade das palavras-estímulo. Assim, nas suas estruturas cognitivas os alunos fizeram associações mais fortes com as palavras “Massa”, “Deformação” e “Energia cinética” e associações mais fracas com as palavras “Energia potencial”, “Velocidade” e “Transformação”.

Mais em detalhe, estas associações de palavras neste momento (pré-teste), juntamente com as frases escritas, refletem as concepções iniciais dos alunos, das quais se destacam os seguintes aspetos:

- i) No pré-teste os alunos não associaram o conceito de massa a qualquer conceito relacionado com a energia. Embora tanto a energia cinética como a energia potencial dependam da massa do corpo, esta ideia não está presente nas estruturas cognitivas dos alunos neste momento inicial;
- ii) Apesar de, formalmente, o conceito de energia cinética não ter sido ainda abordado, os alunos conseguem associá-lo a uma forma de energia e ao movimento de um corpo. Adicionalmente, também associam a energia cinética à velocidade de um corpo, embora não expliquem de que forma. Ao contrário do que é descrito por Liu e Fang (2017), os alunos participantes neste estudo não conceptualizam a energia cinética como apenas dependente da massa de um corpo. Na realidade, nem sequer fazem qualquer associação entre energia cinética e massa;

- iii) Contrariamente à energia cinética, que os alunos associam a movimento, os alunos associam energia potencial a corpos em repouso, apesar de ser um conceito que não tinha ainda sido introduzido em contexto de sala de aula. Contudo, há que ter alguma precaução com afirmações como a indicada na Tabela 3 (“Um corpo em repouso tem energia potencial”), uma vez que é comum os alunos associarem a energia potencial a um objeto, ao invés de a um sistema (Jewett, 2008);
- iv) Quanto à palavra transformação, os alunos conseguem associá-la a energia, mas não a nenhuma forma de energia (cinética ou potencial);
- v) Neste pré-teste os alunos recorrem muito a associações relacionadas com a subunidade anterior, dedicada aos movimentos, o que é perfeitamente justificável: conceitos como velocidade, rapidez, corpo e deformação (como resultado de colisões) estão presentes nas estruturas cognitivas dos alunos, ainda que com algumas incorreções: por exemplo, a frase “A velocidade está presente em corpos como o carro” (Tabela 3) dá a entender que este aluno perceciona a velocidade como algo tangível.

Em suma, neste momento inicial, as estruturas cognitivas dos alunos, apesar de já possuírem conexões entre conceitos que ainda não tinham sido abordados em contexto de sala de aula, e de não se terem identificado muitas das conceções alternativas descritas na literatura (e.g. Liu & Fang, 2017; Valadares, 1994a), revelam um nível muito superficial, sem associação direta entre as palavras-estímulo fornecidas. Adicionalmente, também se verificou que apenas no nível de associação mais fraca do pré-teste (Nível 3, Figura 1) há a ausência de ilhas isoladas de conceitos. A presença de ilhas isoladas é sinónimo de uma organização estática das estruturas cognitivas (Derman & Eilkis, 2016), que não permite aos alunos transitar de um conceito para outro, condicionando desta forma a sua competência para a resolução de problemas mais complexos, que exijam a mobilização de conhecimentos relativos aos diferentes conceitos (Cardellini & Bahar, 2000).

## 5.2. QUAIS AS CONCEÇÕES DOS ALUNOS SOBRE CONCEITOS RELACIONADOS COM O TÓPICO “TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA”, PRESENTES NAS ESTRUTURAS COGNITIVAS DOS ALUNOS, APÓS ESTES ESTAREM ENVOLVIDOS NUMA TAREFA STEM SOBRE O TÓPICO EM QUESTÃO?

No que concerne ao pós-teste, verificou-se que, em termos globais, o número de palavras-resposta diferentes (Tabela 1) foi mais elevado quando comparado com o pré-teste: para todas as palavras-estímulo, verificou-se um aumento do número de palavras-resposta, com exceção da palavra “Massa”, à qual os alunos associaram seis palavras-resposta diferentes, tanto no pré-teste como no pós-teste. As palavras com aumentos mais significativos, em termos de palavras-resposta diferentes, foram “Energia potencial” (sete no pré-teste e 10 no pós-teste) e “Deformação” (quatro no pré-teste e oito no pós-teste). Estes resultados são indicadores de que os alunos desenvolveram um conhecimento mais profundo dos conceitos e que foram capazes

de estabelecer associações com novas palavras. Isto significa que, ao aumentar o número e complexidade das associações, estas palavras tornam-se mais significativas para os alunos (Bahar et al., 1999).

Relativamente aos mapas das estruturas cognitivas dos alunos (Figura 2), uma das diferenças mais significativas, relativamente ao pré-teste (Figura 1), diz respeito ao número de níveis de intervalo de frequências: enquanto no pré-teste existem três níveis de intervalos de frequência, no pós-teste apenas existem dois níveis, o que é indicativo de uma associação mais forte entre todas as palavras-estímulo após a realização da atividade STEM. Para além disso, enquanto no pré-teste metade das palavras-estímulo apenas aparecem no nível de associação mais baixo, no pós-teste quatro das palavras-estímulo aparecem logo no nível mais elevado em termos de força de associação e as restantes duas aparecem logo no nível seguinte.

Também foi possível verificar que os alunos, após a realização da atividade STEM, foram capazes de estabelecer novas associações de palavras. Por exemplo, enquanto no pré-teste as palavras “Energia potencial” e “Energia cinética” não apareciam associadas, no pós-teste aparecem associadas por intermédio de uma das palavras-estímulo: “Transformação”. Outro exemplo relaciona-se com a palavra-estímulo “Energia potencial”, que no pré-teste os alunos apenas associavam a “Repouso” e “Corpo” e no pós-teste associam a “Elástica” e “Gravítica”, para além de “Altura” e “Massa”. Relativamente à palavra-estímulo “Energia cinética”, verificou-se também, no pós-teste, o aparecimento da palavra-resposta “Massa” como sendo uma variável da qual ela depende, o que, comparado com o pré-teste, é indicativo de um desenvolvimento das estruturas cognitivas dos alunos: no pré-teste associaram “Energia cinética” a “Movimento” e só no nível de associação mais fraco aparece a palavra “Velocidade”.

À semelhança do que foi descrito para o pré-teste, as associações de palavras no pós-teste, juntamente com as frases escritas, refletem as conceções dos alunos, mas agora após estarem envolvidos numa atividade STEM. Destes resultados, destacam-se os seguintes aspetos, que vão ao encontro dos principais objetivos de aprendizagem preconizados para esta atividade:

- i) Os alunos reconhecem, na sua maioria, que tanto a energia cinética como a energia potencial dependem da massa do corpo. Para além disso, distinguem que “a energia cinética depende da velocidade e da massa”, e que “a energia potencial gravítica depende da massa e da altura, enquanto a energia potencial elástica depende da massa e da deformação de um elástico ou mola” (Tabela 4);
- ii) Os alunos reconhecem que estes dois tipos de energia (potencial e cinética) se podem transformar um no outro.

Contudo, há aspetos que devem ser interpretados com cautela. Por exemplo, apesar de os alunos reconhecerem a relação entre energia cinética, velocidade e massa, não clarificam como é que estas se relacionam. Assim, apesar de não terem sido identificadas conceções alternativas como as descritas na literatura (Liu & Fang, 2017), há que prevenir o aparecimento de conceções como as descritas por Tanel e Tanel (2010), nomeadamente os alunos percecionarem que a energia cinética depende diretamente e linearmente da velocidade, ao invés de do quadrado desta. Para além disso, embora

no presente estudo os alunos não tenham desenvolvido em profundidade o fenómeno das transformações de energia, é fundamental ter em atenção que este apenas ocorre dentro de um determinado sistema (ao qual se aplicará, eventualmente, o conceito de conservação de energia), mas que a energia pode ser dissipada, no caso de se considerar transferência de energia entre sistemas (Jewett, 2008; Tatar & Oktai, 2007).

Em resumo, os resultados mostram que houve uma evolução nas estruturas cognitivas dos alunos do pré- para o pós-teste. Inicialmente os alunos tinham presentes vários conceitos, mas as relações estabelecidas não eram entre os conceitos centrais do tema em estudo. Após a realização da atividade STEM, os alunos foram capazes de estabelecer relações entre os conceitos inerentes ao tópico abordado, associar a transformação de energia aos dois tipos de energia, cinética e potencial, e relacionar estes tipos de energia com as variáveis de que dependem.

## 6. CONCLUSÃO

O conceito de energia, embora sendo um conceito central no ensino das Ciências, é um conceito abstrato, cuja compreensão coloca muitos desafios e dificuldades aos alunos. De igual forma, os fenómenos associados a este conceito, nomeadamente as transformações de energia, revestem-se de particular dificuldade conceptual para grande parte dos alunos. Assim, é fundamental usar estratégias pedagógicas que permitam aos alunos adquirir e construir conhecimento sobre este tópico de forma significativa e relevante. Nesse sentido, a Educação STEM tem sido uma abordagem apontada como adequada e facilitadora não só para a construção de conhecimento, mas também para o desenvolvimento de competências diversas. Ao proporcionar ambientes de aprendizagem mais aliciantes e desafiadores, a Educação STEM reveste-se de particular potencialidade para cativar os alunos para aprenderem. No caso do presente estudo, o facto de os alunos aprenderem os conceitos científicos subjacentes ao tópico através da construção de um artefacto revelou-se extremamente motivador para os alunos e conduziu-os a pesquisas, formulação de questões e hipóteses, tomadas de decisões, etc., que, decerto, contribuíram para o desenvolvimento de diversas competências. De salientar, também, todo o conhecimento, que não da área da Física, que os alunos tiveram de mobilizar e aplicar para alcançarem o objetivo da atividade.

No entanto, independentemente da estratégia pedagógica utilizada, o conhecimento prévio dos alunos pode condicionar a organização e interpretação de nova informação, pelo que é determinante diagnosticar quais as ideias presentes nas estruturas cognitivas dos alunos. Neste estudo foi possível verificar que, inicialmente, a estrutura cognitiva dos alunos relativamente ao tópico das transformações de energia, avaliada através da implementação de um WAT, embora não possuísse concepções alternativas significativas, se caracterizava pelo aparecimento dos conceitos-chave em níveis de associação fracos e/ou associados a palavras que não refletiam um conhecimento científico mais aprofundado do tema. Contudo, os resultados relativos às estruturas cognitivas dos alunos após a realização da atividade STEM

são indicativos de que o seu envolvimento na atividade promoveu a construção de um conhecimento mais aprofundado sobre os conteúdos em questão. Desta forma, e tendo em conta o objetivo deste estudo e as questões de investigação que o orientaram, é possível concluir que houve uma evolução das estruturas cognitivas dos alunos relativamente às “Transformações de energia” após a realização da atividade STEM.

Para além disso, o WAT demonstrou ser um instrumento adequado para elucidar acerca das conceções dos alunos, ao longo do processo de ensino-aprendizagem: não só permite conhecer o ponto de partida dos alunos, i.e., as conceções iniciais (e despistar eventuais conceções alternativas), como também permite avaliar as aprendizagens alcançadas.

A maior limitação deste estudo prende-se com a realização da construção e análise das estruturas cognitivas dos alunos como um todo, em vez de uma análise individual dos alunos. Desta, apenas foram avaliadas as associações mais prevalentes, o que, juntamente com o número reduzido de alunos (31), não é suficiente para, por exemplo, identificar conceções alternativas e, eventualmente, generalizar esses resultados.

Apesar das limitações, este estudo providencia algumas evidências de como uma atividade STEM pode contribuir para a construção de conhecimento sobre o tópico das “Transformações de energia” pelos alunos e de como esse conhecimento pode ser aferido.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por fundos nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto PTDC/CED-EDG/31480/2017.

## REFERÊNCIAS

Almeida, L., & Freire, T. (2003). *Metodologia da investigação em psicologia e educação*. Psiquilíbrios.

Ausubel, D. P. (1963). Cognitive structure and the facilitation of meaningful verbal learning. *Journal of Teacher Education*, 14(2), 217-221.  
<https://doi.org/10.1177/002248716301400220>

Bächtold, M. (2018). How should energy be defined throughout schooling? *Research in Science Education*, 48(2), 345-367.  
<https://doi.org/10.1007/s11165-016-9571-5>

Bahar, M., Johnstone, A. H., & Sutcliffe, R. G. (1999). Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests. *Journal of Biological Education*, 33(3), 134-141.  
<https://doi.org/10.1080/00219266.1999.9655653>

Baptista, M., Martins, I., Conceição, T., & Reis, P. (2019). Multiple representations in the development of students' cognitive structures about the saponification reaction. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 760-771.  
<https://doi.org/10.1039/C9RP00018F>

Camoez, J. (2012). *Relatório de estágio* [Relatório de mestrado, Universidade Nova de Lisboa]. Repositório da Universidade Nova de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10362/9136>

Cardellini, L., & Bahar, M. (2000). Monitoring the learning of chemistry through word association tests. *Australian Chemistry Resource Book*, 19, 59-69.

Cardoso, A. (2020). *Educação STEM na aprendizagem da eletricidade. Um trabalho com alunos do 9.º ano* [Relatório de mestrado, Universidade de Lisboa]. Repositório da Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10451/47065>

Chiu, M. H., & Duit, R. (2011). Globalization: Science education from an international perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(6), 553-566. <https://doi.org/10.1002/tea.20427>

Christensen, R., & Knezek, G. (2017). Relationship of middle school student STEM interest to career intent. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 3(1), 1-13. <https://doi.org/10.21891/jeseh.275649>

Cook, T. D., & Campbell, D. T. (1979). *Quasi-experimentation: Design and analysis issues for field settings*. Houghton Mifflin.

Cotabish, A., Dailey, D., Robinson, A., & Hughes, G. (2013). The effects of a STEM intervention on elementary students' science knowledge and skills. *School Science and Mathematics*, 113(5), 215-226. <https://doi.org/10.1111/ssm.12023>

Crippen, K. J., & Antonenko, P. D. (2018). Designing for collaborative problem solving in STEM cyberlearning. In Y. J. Dori, Z. R. Mevarech, & D. R. Baker (Eds.), *Cognition, metacognition, and culture in STEM education* (pp. 89-116). Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_5)

Crotty, E. A., Guzey, S. S., Roehrig, G. H., Glancy, A. W., Ring-Whalen, E. A., & Moore, T. J. (2017). Approaches to integrating engineering in STEM units and student achievement gains. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 7(2), Article 1. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1148>

Derman, A., & Eilks, I. (2016). Using a word association test for the assessment of high school students' cognitive structures on dissolution. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 902-913. <https://doi.org/10.1039/c6rp00084c>

Duit, R. (1987). Should energy be introduced as something quasi-material? *International Journal of Science Education*, 9(2), 139-145. <https://doi.org/10.1080/0950069870090202>

Duit, R. (2014). Teaching and learning the physics energy concept. In R. F. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, J. Krajcik, K. Neumann, J. Nordine, & A. Scheff (Eds.), *Teaching and learning of energy in K-12 education* (pp. 67-85). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1_5)

Eryilmaz, A. (2002). Effects of conceptual assignments and conceptual change discussions on students' misconceptions and achievement regarding force and motion. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(10), 1001-1015. <https://doi.org/10.1002/tea.10054>

Fernandes, A. M., & Soares, S. (2022). Estruturas cognitivas e concepções alternativas sobre energia: Estudo preliminar em futuros professores do 1.º CEB. *APeDuC Revista*, 3(2), 31-42. <https://apeduc revista.utad.pt/index.php/apeduc/article/view/315>

Feynman, R., Leighton, R., & Sands, M. (2011). *The Feynman lectures on physics. New millennium edition. Volume I: Mainly mechanics, radiation and heat*. Basic Books.

Fiolhais, C. (Coord.). (2013). *Metas curriculares do 3.º ciclo do ensino básico: Ciências físico-químicas*. Direção-Geral da Educação. [https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb\\_cfq\\_metas\\_curriculares\\_3c\\_0.pdf](https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb_cfq_metas_curriculares_3c_0.pdf)

Gazibeyoglu, T., & Aydin, A. (2019). The effect of STEM-based activities on 7th grade students' academic achievement in force and energy unit and students' opinions about these activities. *Universal Journal of Educational Research*, 7(5), 1275-1285. <https://doi.org/10.13189/ujer.2019.070513>

Gunstone, R. F. (1980). Word association and the description of cognitive structure. *Research in Science Education*, 10(1), 45-53. <https://doi.org/10.1007/bf02356308>

Hovardas, T., & Korfiatis, K. J. (2006). Word associations as a tool for assessing conceptual change in science education. *Learning and Instruction*, 16(5), 416-432. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.09.003>

Jewett, J. (2008). Energy and the confused student III: Language. *The Physics Teacher*, 46(3), 149-153. <https://doi.org/10.1119/1.2840978>

Johnson, P. E. (1967). Some psychological aspects of subject-matter structure. *Journal of Educational Psychology*, 58(2), 75-83. <https://doi.org/10.1037/h0024465>

Johnson, P. E. (1969). On the communication of concepts in science. *Journal of Educational Psychology*, 60(1), 32-40. <https://doi.org/10.1037/h0026691>

Kitchen, J. A., Sonnert, G., & Sadler, P. M. (2018). The impact of college- and university-run high school summer programs on students' end of high school STEM career aspirations. *Science Education*, 102(3), 529-547. <https://doi.org/10.1002/sce.21332>

Kostova, Z., & Radoynovska, B. (2008). Word association test for studying conceptual structures of teachers and students. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy*, 2(2), 209-231. <http://bjsep.org/getfile.php?id=20>

Lemke, J. (1998). Teaching all the languages of science: Words, symbols, images, and actions. *La Caixa Conference On Science Education*. <https://doi.org/10.13140/2.1.4022.5608>

Liu, G., & Fang, N. (2017). Student misconceptions of work and energy in engineering dynamics. *Proceedings of the 2017 ASEE Gulf-Southwest Section Annual Conference*. <https://www.researchgate.net/publication/313558250>

Marques, M. (2009). Integração de tópicos de história das ciências no ensino – Estudo de caso: Energia no ensino básico. *Actes d'Història de La Ciència i de la Tècnica*, 2(1), 327-335. <https://revistes.iec.cat/index.php/AHCT/article/view/55774.001>

Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>

Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Sage Publications.

Moore, T. J., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Kersten, J. A. (2015). NGSS and the landscape of engineering in K-12 state science standards. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(3), 296-318. <https://doi.org/10.1002/tea.21199>

Moreno, J. (2013). *Ensino da física e da química e as concepções alternativas dos alunos do ensino secundário sobre o conceito de energia – Relatório de estágio* [Dissertação de mestrado, Universidade Nova de Lisboa]. Repositório da Universidade Nova de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10362/12206>

Nakiboglu, C. (2008). Using word associations for assessing non major science students' knowledge structure before and after general chemistry instruction: The case of atomic structure. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(4), 309-322. <https://doi.org/10.1039/b818466f>

National Academy of Engineering and National Research Council. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18612>

National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9596>

Ortiz-Revilla, J., Adúriz-Bravo, A., & Greca, I. M. (2020). A framework for epistemological discussion on integrated STEM education. *Science & Education*, 29(4), 857-880. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00131-9>

Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M., & Arriasecq, I. (2022). A theoretical framework for integrated STEM education. *Science & Education*, 31(2), 383-404. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00242-x>

Özcan, O., & Tavukçuoğlu, E. (2018). Investigating the high school students' cognitive structures about the light concept through word association test. *Journal of Education and Future*, 13, 121-132. <https://www.researchgate.net/publication/322963382>

Park, W., Wu, J. Y., & Erduran, S. (2020). The nature of STEM disciplines in the science education standards documents from the USA, Korea and Taiwan. *Science & Education*, 29, 899-927. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00139-1>

Piaget, J. (1964). Part I: Cognitive development in children: Piaget development and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 2(3), 176-186. <https://doi.org/10.1002/tea.3660020306>

Piaget, J. (1978). *Success and understanding*. Harvard University Press.

Pilot, A., & Bulte, A. M. W. (2006). Why do you "need to know"? Context-based education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 953-956. <https://doi.org/10.1080/09500690600702462>

Quinn, C. M., Reid, J. W., & Gardner, G. E. (2020). S + T + M = E as a convergent model for the nature of STEM. *Science & Education*, 29(4), 881-898. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00130-w>

Quinn, H. R. (2014). A physicist's musings on teaching about energy. In R. F. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, J. Krajcik, K. Neumann, J. Nordine, & A. Scheff (Eds.), *Teaching and learning of energy in K-12 education* (pp. 15-36). Springer Nature. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1_2)

Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-27. <https://www.teachmeteamwork.com/files/sanders.istem.ed.ttt.istem.ed.def.pdf>

Şendur, G., & Toprak, M. (2017). An investigation of changes in the cognitive structures of 11th grade students using the word association test: The case of chemical equilibrium. *Journal of Turkish Studies*, 12(17), 411-436. <https://doi.org/10.7827/turkishstudies.11911>

Sgro, C. M., Bobowski, T., & Oliveira, A. W. (2020). Current praxis and conceptualization of STEM education: A call for greater clarity in integrated curriculum development. In V. Akerson & G. Buck (Eds.), *Critical questions in STEM education* (pp. 185-210). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-57646-2\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57646-2_11)

- Shahali, E., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K., & Zulkifeli, M. A. (2017). STEM learning through engineering design: Impact on middle secondary students' interest towards STEM. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(5), 1189-1211. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00667a>
- Taber, K. S. (2008). Exploring conceptual integration in student thinking: Evidence from a case study. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1915-1943. <https://doi.org/10.1080/09500690701589404>
- Tanel, Z., & Tanel, R. (2010). Determining the misconceptions and learning difficulties of undergraduate level students on topics of energy and momentum. *Balkan Physics Letters*, 18, 108-117.
- Tatar, E., & Oktay, M. (2007). Students' misunderstandings about the energy conservation principle: A general view to studies in literature. *International Journal of Environmental & Science Education*, 2(3), 79-81. <https://www.researchgate.net/publication/255651470>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., de Loof, H., de Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., de Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., van de Velde, D., van Petegem, P., & Depaeppe, F. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), e02. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Toma, R. B., & Greca, I. M. (2018). The effect of integrative STEM instruction on elementary students' attitudes toward science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1383-1395. <https://doi.org/10.29333/ejmste/83676>
- Tomás, A. (2021). *STEM no ensino da massa e do peso. Um estudo com alunos do 7.º ano* [Dissertação de mestrado, Universidade de Lisboa]. Repositório da Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10451/47105>
- Trumper, R. (1993). Children's energy concepts: A cross-age study. *International Journal of Science Education*, 15(2), 139-148. <https://doi.org/10.1080/0950069930150203>
- Tsai, C. C. (2001). Probing students' cognitive structures in science: The use of a flow map method coupled with a meta-listening technique. *Studies in Educational Evaluation*, 27(3), 257-268. [https://doi.org/10.1016/S0191-491X\(01\)00029-3](https://doi.org/10.1016/S0191-491X(01)00029-3)
- Tsai, C. C., & Huang, C. M. (2002). Exploring students' cognitive structures in learning science: A review of relevant methods. *Journal of Biological Education*, 36(4), 163-169. <https://doi.org/10.1080/00219266.2002.9655827>
- Tsupros, N., Kohler, R., & Hallinen, J. (2009). STEM education: A project to identify the missing components [Summary report]. *Intermediate Unit 1: Center for STEM Education and Leonard Gelfand Center for Service Learning and Outreach*, Carnegie Mellon University, Pennsylvania.
- Valadares, J. (1994a). A energia. *Química*, (53), 30-41. <https://dx.doi.org/10.52590/M3.P577.A3000633>
- Valadares, J. (1994b). Alguns aspectos essenciais sobre a energia. *Química*, (54), 38-46. <https://dx.doi.org/10.52590/M3.P578.A3000647>
- Valadares, J. (1995). *Concepções alternativas no ensino da física à luz da filosofia da ciência* [Tese de doutoramento, Universidade Aberta]. Repositório Aberto - Universidade Aberta. <http://hdl.handle.net/10400.2/2520>

Vygotsky, L. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

Warren, J. W. (1982). The nature of energy. *European Journal of Science Education*, 4(3), 295-297. <https://doi.org/10.1080/0140528820040308>

Yildirim, H. E., & Demirkol, H. (2018). Revealing students' cognitive structure about physical and chemical change: Use of a word association test. *European Journal of Education Studies*, 4(1), 134-154. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1156414>

**i** Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Portugal.  
<https://orcid.org/0000-0002-1485-2760>

**ii** Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Portugal.  
<https://orcid.org/0000-0003-1609-5764>

**iii** Externato de Penafirme, Portugal.  
<https://orcid.org/0000-0001-5283-9738>

Toda a correspondência relativa a este artigo deve ser enviada para:

Iva Martins  
Instituto de Educação da Universidade de Lisboa  
Alameda da Universidade  
1649-013 Lisboa  
ivamartins@campus.ul.pt

Recebido em 12 de novembro de 2021  
Aceite para publicação em 10 de maio de 2023  
Publicado em 31 de julho de 2023

## **STEM education in the development of cognitive structures about energy transformations: A study with 9th grade students**

### **ABSTRACT**

The concept of energy, although a central concept in Science teaching, is an abstract concept, whose understanding poses many challenges and difficulties to students. Likewise, the phenomena associated with this concept, namely energy transformations, are particularly difficult for most students. Thus, this study aimed to know the effect of a STEM activity (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), for the teaching, in a formal context, of the topic “Energy Transformations”, in the cognitive structures of 31 students attending the 9th grade. The study followed a pre-test and post-test design, with a single group. Data collection was performed through a word association test (WAT), with six stimulus words, before and after the activity. The results obtained allowed the construction of tables of frequencies and maps of the cognitive structures of the students in the two distinct moments. In addition, and as a way of revealing the nature of the word associations made by the students, they were asked to write sentences with the associated words. The analysis of the results was performed considering the associations most frequently made by the students (i.e., based on the type and frequencies of the response words) and their nature (i.e., based on the sentences written by the students). Considering the results and their analysis, it is possible to conclude that there was an evolution of the cognitive structures of the students, which is indicative that their involvement in the STEM activity promoted the construction of a more in-depth knowledge about the contents in question.

**Keywords:** Cognitive structures; Science education; STEM education; Word association test (WAT); Energy transformations.

## **Educación STEM en el desarrollo de estructuras cognitivas sobre transformaciones energéticas: Un estudio con estudiantes de 9º grado**

### **RESUMEN**

El concepto de energía, aunque es un concepto central en la enseñanza de las Ciencias, es un concepto abstracto, cuya comprensión plantea muchos desafíos y dificultades a los estudiantes. Del mismo modo, los fenómenos asociados con este concepto, a saber, las transformaciones energéticas, son particularmente difíciles para la mayoría de los estudiantes. Así, este estudio tuvo como objetivo conocer el efecto de una actividad STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), para la enseñanza, en un contexto formal, del tema “Transformaciones Energéticas”, en las estructuras cognitivas de 31 estudiantes del 9.º grado de escolaridad. El estudio siguió un diseño pre-test y post-test, con un solo grupo. La recolección de datos se realizó a través de una prueba de asociación de palabras (WAT), con seis palabras de estímulo, antes y después de la actividad. Los resultados obtenidos permitieron la construcción de tablas de frecuencias y mapas de las estructuras cognitivas de los estudiantes en los dos momentos. Además, y como una forma de revelar la naturaleza de las asociaciones de palabras hechas por los estudiantes, se les pidió que escribieran oraciones con las palabras asociadas. El análisis de los resultados se realizó teniendo en cuenta las asociaciones más frecuentemente hechas por los estudiantes (es decir, basadas en el tipo y frecuencia de las palabras de respuesta) y su naturaleza (es decir, basadas en las oraciones escritas por los estudiantes). Con base en los resultados y su análisis, es posible concluir que hubo una evolución de las estructuras cognitivas de los estudiantes, lo que es indicativo de que su participación en la actividad STEM promovió la construcción de un conocimiento más profundo sobre los contenidos en cuestión.

**Palabras clave:** Estructuras cognitivas; Enseñanza de las Ciencias; Educación STEM; Prueba de asociación de palabras (WAT); Transformaciones energéticas.