

Contribuições da sala de aula invertida para a promoção de subsunçores de energia mecânica

Contributions from the inverted classroom to the promotion of subsunçores on mechanical energy concepts

Contribuciones de la clase inversa para la promoción de subsunçores de energía mecánica

*Maria Aparecida Monteiro Deponti**
*Ana Marli Bulegon***

Resumo

Neste artigo, discutem-se os resultados de um estudo que objetivou analisar as contribuições da Sala de Aula Invertida (SAI) para abordar conceitos de Energia Mecânica (EM), por um viés da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), realizado em 2018 e 2019, com estudantes do primeiro ano do Ensino Médio do curso técnico em Sistemas de Energia Renovável, numa escola pública federal do Rio Grande do Sul. Duas Unidades de Ensino foram organizadas a fim de verificar indícios de aprendizagem significativa acerca de EM: uma seguindo os pressupostos da SAI (grupo experimental - GE), planejada na perspectiva dos Três Momentos Pedagógicos (TMP) e outra organizada com a metodologia expositiva (grupo controle - GC). Numa abordagem quali-quantitativa, utilizou-se como instrumentos de coleta de dados: pré-teste, pós-teste, diário de campo, material de aula dos estudantes, registros de áudio, imagem e das interações com o ambiente virtual de aprendizagem (AVA). Utilizou-se as cinco etapas de Moraes (1999) para a análise de conteúdo e o teste estatístico t-Student para a análise quantitativa. Os resultados indicaram significativa evolução conceitual dos estudantes do GE em relação aos do GC e a SAI, organizada de acordo com os TMP, contribuiu para a promoção de subsunçores sobre conceitos de EM.

Palavras-chave: Ensino Híbrido; Metodologias Ativas; Energia Mecânica; Unidade de Ensino.

Recebido em: 22.11.2021 — Aprovado em: 24.02.2022
<https://doi.org/10.5335/rep.v29i2.13184>
ISSN *on-line*: 2238-0302

* Doutora em Ensino de Ciências e Matemática pela UFN. Mestra em Ensino de Ciências pela UNIPAMPA. Docente de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha – Campus Jaguari. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4408-9700>. E-mail: maria.deponti@iffarroupilha.edu.br.

** Doutora em Informática na Educação (PPGECIMAT- Programa de Pós-Graduação em ensino de Ciências e Matemática). Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da UFN. Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4595-7709>. E-mail: anabulegon@ufn.edu.

Abstract

This article discusses the results of a study that aimed to analyze the contributions of the Inverted Classroom (IC) to address concepts of Mechanical Energy (MS), by a bias of the Theory of Significant Learning (TAS), held in 2018 and 2019, with first-year high school students of the technical course in Renewable Energy Systems, in a federal public school in Rio Grande do Sul. Two Teaching Units were organized in order to verify evidence of significant learning about MS: one following the assumptions of the IC (experimental group - EG), planned in the perspective of the Three Pedagogical Moments (TPM) and another organized with the expository methodology (control group - CG). In a quali-quantitative approach, it was used as instruments of data collection: pre-test, post-test, field diary, students' classroom material, audio, image and interactions with the virtual learning environment (VLE). The five stages of Moraes (1999) were used for content analysis and the t-Student statistical test for quantitative analysis. The results indicated significant conceptual evolution of the EG students in relation to those of the CG and the IC, organized according to the TPM, contributed to the promotion of subsumers on MS concepts.

Keywords: Hybrid Teaching. Active Methodologies. Mechanical Energy. Teaching Unit.

Resumen

En este artículo, discutimos los resultados de un estudio que tuvo como objetivo analizar las contribuciones del Aula Invertida (FSS) para abordar conceptos de Energía Mecánica (ME), a través de la Teoría del Aprendizaje Significativo (TAS), realizado en 2018 y 2019, con alumnos del primer año de la enseñanza media del curso técnico en Sistemas de Energías Renovables, en una escuela pública federal en Rio Grande do Sul. Se organizaron dos Unidades Didácticas con el fin de verificar evidencias de aprendizaje significativo sobre EM: una siguiendo los supuestos del SAI (grupo experimental - GE), planificada desde la perspectiva de los Tres Momentos Pedagógicos (TMP) y otra organizada con la metodología expositiva (control de grupo - GC). En un enfoque cuali-cuantitativo, se utilizaron los siguientes instrumentos de recolección de datos: pretest, postest, diario de campo, material de clase de los estudiantes, registros de audio e imagen e interacciones con el ambiente de aprendizaje virtual (AVA). Se utilizaron los cinco pasos de Moraes (1999) para el análisis de contenido y la prueba estadística t-Student para el análisis cuantitativo. Los resultados indicaron una evolución conceptual significativa de los alumnos de GE en relación a los alumnos de GC, y el SAI, organizado según el TMP, contribuyó para la promoción de subsumers sobre conceptos de EM.

Palabras clave: Enseñanza Híbrido; Metodologías Activas; Energía Mecánica; Unidad de Enseñanza.

Introdução

Atualmente, o processo de ensino e aprendizagem ainda colabora para uma aprendizagem mecânica, em que os conteúdos são transmitidos de maneira tradicional e com evidente preocupação na memorização de conceitos (AGRA et al., 2019) e o aluno assume a postura passiva frente ao novo conhecimento (FREITAS, 2015).

Em relação ao ensino de Física, Oliveira (2015), Freitas (2015) e Santos (2017) apontam para a necessidade de romper com a visão clássica dos programas curriculares extensos, com excesso de conteúdos e as metodologias de ensino tradicionais que priorizam a passividade do estudante, a memorização de leis e equações matemáticas e são pautadas “[...] quase que exclusivamente no uso dos livros didáticos em aulas estritamente expositivas, contrapondo a premente demanda de integração de laboratórios de ciências e metodologias inovadoras de ensino e aprendizagem [...]” (OLIVEIRA, 2015, p. 26).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) prevê como competência para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Ensino Médio (BRASIL, 2018, p. 538-539):

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Assim, entende-se a importância de promover um ensino de Física que articule a abordagem de conceitos e leis com a vivência do estudante, de forma que este seja capaz de compreender, interpretar e aplicar conhecimentos científicos em situações reais do seu cotidiano. A metodologia escolhida para abordar os conteúdos pode contribuir para que os estudantes compreendam os fenômenos físicos do mundo à sua volta, seja em sistemas naturais ou em equipamentos tecnológicos e possam interferir nele de forma organizada contribuindo para a manutenção do ecossistema natural (BRASIL, 2018).

Estudos acerca das metodologias educacionais evidenciam as metodologias ativas como promotoras da autonomia (BACICH, 2016; MORAN, 2018; SANTOS, 2017; VALENTE, 2018), pois demonstram que é possível planejar e desenvolver um ensino centrado no estudante, de forma que este tenha condições de agir com autonomia e relacionar os novos conhecimentos com situações do cotidiano. Nesse sentido, e “Levando-se em conta o momento de transformações em que vivemos, promover a autonomia para aprender deve ser preocupação central [...]” (BRASIL, 1998, p. 23-24), faz-se necessário avaliar outras possibilidades de disseminar o conhecimento fazendo uso de recursos digitais.

Nessa perspectiva, discute-se a proposta de repensar a ideia de aula tradicional, pautada nas explicações do professor para posterior cobrança na forma de temas ou

avaliações. Para isso, este trabalho apresenta-se os resultados de um estudo realizado acerca da implementação da Sala de Aula Invertida (SAI), organizada na perspectiva da metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (TMP), no Ensino Médio, como uma estratégia pedagógica eficaz para diagnosticar a presença ou ausência de subsunções e/ou usar ou criar organizadores prévios para desenvolvê-los.

A Sala de Aula Invertida

Autores como Bacich (2016), Valente (2018), Moran (2015), Andrade et al. (2019) e Freitas (2015) entendem a SAI como um modelo de ensino híbrido, pois é uma metodologia de ensino no formato on-line que utiliza recursos digitais para orientar o processo de ensino e promover a aprendizagem, possibilitando momentos de discussão e produção, individuais e coletivos e aulas on-line e off-line, em espaços variados (BACICH, 2016).

Segundo Christensen, Horn e Staker (2013, p. 7)

O ensino híbrido é um programa de educação formal no qual um aluno aprende, pelo menos em parte, por meio do ensino online, com algum elemento de controle do estudante sobre o tempo, lugar, modo e/ou ritmo do estudo, e pelo menos em parte em uma localidade física supervisionada, fora de sua residência.

A mistura entre sala de aula e ambientes virtuais tende a contribuir para abrir a escola para o mundo e para trazer o mundo para dentro da escola. No Ensino Médio, a SAI surge como uma possibilidade pedagógica de alternar os momentos de ensino entre on-line e presencial e ampliar os ambientes de aprendizagem e, sendo uma modalidade de ensino híbrido, “[...] permite que esses estudantes aprendam online ao mesmo tempo em que se beneficiam da supervisão física e, em muitos casos, instrução presencial” (CHRISTENSEN; HORN; STAKER, 2013, p. 7).

Valente (2014, p. 85) entende que a SAI é

[...] uma modalidade de e-learning na qual o conteúdo e as instruções são estudados on-line antes de o aluno frequentar a sala de aula que agora passa a ser o local para trabalhar os conteúdos já estudados, realizando atividades práticas como resolução de problemas e projetos, discussão em grupo, laboratórios etc. A inversão ocorre uma vez que no ensino tradicional a sala de aula serve para o professor transmitir informação para o aluno que, após a aula, deve estudar o material que foi transmitido e realizar alguma atividade de avaliação para mostrar que esse material foi assimilado.

A SAI é uma metodologia ativa que coloca o foco do processo de ensino e aprendizagem no estudante (VALENTE, 2018) dando ênfase ao seu protagonismo, participação e interação, de forma flexível, interligada e híbrida (MORAN, 2018). A SAI inverte forma tradicional de ensinar, pois a teoria passa a ser estudada em casa e o tempo da sala de aula é otimizado para discutir, realizar exercícios, aplicar o conhecimento e reforçar o entendimento do conteúdo (BACICH, 2016; BERGMANN; SAMS, 2016; FREITAS, 2015) sob a supervisão do professor (MORAN, 2015).

Nessa perspectiva, a SAI sugere a possibilidade de otimizar o tempo de aula presencial, pois “O tempo que seria gasto com a transmissão de informações passa a ser de engajamento entre professor e aluno, o que se torna uma vantagem para ambos, o que ocorreu na intervenção pedagógica realizada” (ANDRADE et al., 2019, p. 6), o professor assume o papel de mediador da aprendizagem e consegue elaborar materiais personalizados, trabalhar as dificuldades dos estudantes, revisar o conteúdo e promover discussões e realização de questões de forma individual ou em grupos (SANTOS, 2017).

Na SAI os alunos estudam de forma independente, em qualquer tempo ou espaço e o tempo na sala de aula presencial é utilizado para discussões e realização de exercícios com os professores orientando e auxiliando quando necessário. Nesse sentido, entende-se a possibilidade de implementar um ensino personalizado, quando o professor auxilia os estudantes de forma mais individualizada, ajustando as atividades e explicações de acordo com o ritmo de cada um a fim de promover a compreensão do conteúdo.

A Teoria da Aprendizagem Significativa

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), na concepção de Ausubel, é cognitivista e apresenta uma abordagem teórica acerca do processo de aprendizagem. Nesse sentido, existe uma preocupação com o processo de compreensão, transformação, armazenamento e significação das informações na estrutura cognitiva do indivíduo (MASINI; MOREIRA, 2017).

No contexto escolar, a preocupação está relacionada com as situações de ensino e aprendizagem. “Se tivesse que reduzir toda a psicologia educativa a um único princípio, enunciaria este: de todos os fatores que influenciam na aprendizagem, o mais importante consiste naquilo que o aluno já sabe. Averigue isso, e ensine-o de acordo” (AUSUBEL, 1978, p. 7, tradução nossa).

Aprendizagem significativa é o conceito mais importante da TAS e, segundo Ausubel (1978), é o processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Este conceito, contrapõe as ideias behavioristas em que o professor transmitia o conhecimento e os alunos o traduziam e acumulavam com o objetivo de reprodução (AGRA et al., 2019).

Para Moreira (2010, p. 2):

Aprendizagem Significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

A aprendizagem significativa “[...] ocorre quando há uma interação cognitiva, ou seja, uma interação entre um ou mais aspectos da estrutura cognitiva e o(s) novo(s) conhecimento(s)” (MASINI; MOREIRA, 2017, p. 24) e ancora-se em conceitos que são específicos e relevantes na estrutura cognitiva do indivíduo, os subsunçores (MOREIRA, 2010), cuja função é possibilitar novos significados aos conhecimentos que estão sendo apresentados ou descobertos (AGRA et al., 2019). Portanto, faz-se necessário utilizar conhecimentos existentes na estrutura cognitiva do estudante a fim de sustentar as novas informações de forma duradoura traduzindo-se, assim, em aprendizagem significativa.

Ademais, a ocorrência da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2010; MOREIRA; MASINI, 2001) está condicionada a:

- materiais instrucionais potencialmente significativos, ou seja, não arbitrários e que façam sentido para o aprendiz de forma que a interação de significados ocorra por meio de um conhecimento prévio específico e relevante existente na estrutura cognitiva do estudante.
- predisposição para aprender, significa ter uma disposição de relacionar-se com o novo material, independente da razão, de forma não arbitrária e não literal. O aprendiz precisa manifestar a intenção de relacionar os novos conhecimentos com os conhecimentos prévios a fim de torná-los mais completos e elaborados, sendo possível estabelecer relações e atribuir significados (AGRA et al., 2019).

Em termos de materiais instrucionais, é possível destacar o uso de organizadores prévios como uma estratégia proposta por Ausubel para manipular a estrutura cognitiva com a função de “[...] preencher a lacuna existente entre o que o aluno já conhece e o que precisa saber, antes de aprender a tarefa de forma imediata e com bons resultados” (AUSUBEL, 1978, p. 179, tradução nossa).

Segundo Agra et al. (2019, p. 263), o organizador prévio é

[...] uma modalidade instrucional com características de nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem, cuja finalidade é auxiliar o sujeito a perceber a relação entre os novos conhecimentos e os subsunçores existentes em sua estrutura cognitiva, os quais servem para facilitar a aprendizagem, uma vez que assumem a função de ‘pontes cognitivas’.

Assim, os organizadores podem ser entendidos como recurso instrucional que sirvam de âncora para a nova aprendizagem quando o estudante não dispõe de subsunçores adequados e “[...] devem mobilizar todos os conceitos válidos da estrutura cognitiva potencialmente relevantes para desempenharem o papel de subsunçor [...]” (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 31) a fim de atribuir significado ao novo conhecimento.

No processo de aquisição de significados na estrutura cognitiva do estudante, é importante considerar a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Para tanto, as novas informações devem ser organizadas de forma que os conceitos mais gerais e inclusivos sejam apresentados antes dos mais específicos e, quando ocorre a aprendizagem significativa, os novos conhecimentos serão progressivamente diferenciados de forma que o estudante tenha condições de relacionar proposições e conceitos, semelhanças e diferenças e reconciliar inconsistências reais ou aparentes (AUSUBEL, 1978).

Aspectos metodológicos

Essa pesquisa, de cunho qualitativo e quantitativo, analisou as contribuições da SAI para abordar conceitos de EM, por um viés da TAS. Foi organizada de acordo com a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (TMP) e desenvolvida com estudantes do 1º ano do Curso Técnico em Sistemas de Energia Renovável, integrado ao Ensino Médio, em uma escola da rede pública federal do Rio Grande do Sul, em duas etapas. A primeira etapa ocorreu em 2018 com um grupo de 31 estudantes denominado grupo experimental (GE), na qual foi elaborada uma Unidade de Ensino (UE) que abordou conceitos de Energia Mecânica (EM) a fim de implementar a metodologia SAI, organizada na perspectiva dos TMP, e verificar suas contribuições para a aprendizagem dos estudantes. A segunda etapa ocorreu em 2019 com um grupo de 31 estudantes, grupo controle (GC), na qual foi elaborada uma UE acerca dos mesmos conceitos de EM, porém a fim de implementar a metodologia tradicional/expositiva de ensino, aquela na qual o professor ocupa o centro do processo de ensino e aprendizagem e é o agente principal de transmissão do conhecimento.

A coleta de dados ocorreu por meio de um pré-teste, aplicado no início de cada UE, e um pós-teste, aplicado ao final das mesmas; dos registros das interações dos participantes em aulas presenciais e no Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). Para o pré-teste, buscou-se contextualizar a realidade vivenciada pelos estudantes do curso técnico em Sistemas de Energia Renovável e elaborou-se quinze questões, objetivas e abertas, que abrangeram conteúdos de EM a partir dos referenciais Amaldi (1995), Ramalho; Ferraro; Soares (2015), Válio et al. (2014) para o Ensino Médio.

Os Três Momentos Pedagógicos

Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) apresentam a metodologia dos três momentos pedagógicos (TMP) como uma forma de contemplar a dinâmica da organização das atividades de ensino em que cada momento é planejado e desenvolvido com o intuito de promover a aprendizagem. O primeiro momento pedagógico refere-se à problematização inicial (PI), momento no qual o professor apresenta situações reais do cotidiano dos estudantes, de forma desafiadora e que possibilite a apreensão e a compreensão dos conhecimentos prévios do aprendiz acerca da situação apresentada.

O segundo momento pedagógico é a organização do conhecimento (OC), momento em os novos conhecimentos devem ser selecionados e organizados de tal forma que possibilite a compreensão e a sistematização da PI. Na perspectiva da SAI, a OC representa o momento de integrar as tecnologias digitais nas atividades curriculares, considerando dois aspectos importantes destacados por Valente (2018, p. 31): “[...] a produção de material para o aluno trabalhar on-line e o planejamento das atividades a serem trabalhadas na sala de aula presencial.” Seguindo pressupostos da TAS, é o momento que possibilita a introdução de materiais instrucionais que funcionem como organizadores prévios que, para serem úteis, “precisam ser formulados em termos familiares ao aluno, para que possam ser aprendidos” (MOREIRA; MASINI, 2001, p. 22).

A aplicação do conhecimento (AC) é o terceiro momento pedagógico e consiste na etapa em que o aprendiz, de posse do conhecimento científico, é capaz de utilizá-lo para compreender tanto a situação inicial do estudo como relacionar o novo conhecimento com situações reais e pertinentes que possam ser explicadas e compreendidas pelo mesmo.

Nesse contexto, apresenta-se os resultados do desenvolvimento e implementação da SAI elaborada na perspectiva dos TMP, como opção metodológica para o ensino de

Física, a fim de promover e verificar indícios de aprendizagem significativa acerca de conhecimentos de Energia Mecânica.

A organização das Unidades de Ensino

Primeiramente, para o desenvolvimento da SAI, buscou-se organizar uma UE de forma a seguir pressupostos da BNCC “[...] selecionar, produzir, aplicar e avaliar recursos didáticos e tecnológicos para apoiar o processo de ensinar e aprender [...]” (BRASIL, 2018, p. 17) e planejar os momentos a distância e em sala de aula de acordo com a metodologia dos TMP, conforme apresentado no quadro a seguir.

Quadro 1 – UE para o desenvolvimento da SAI.

Organização da SAI na perspectiva dos TMP				
Problematização inicial	Organização do conhecimento			Aplicação do conhecimento
Em sala de aula	Conteúdos	Momentos a distância	Momentos em sala de aula	Em sala de aula
- Aplicação do pré-teste - Apresentação da situação-problema que abordou sobre a escassez de energia elétrica na escola. Os estudantes deveriam pensar na implementação de uma forma alternativa de geração de energia elétrica utilizando o princípio da conservação da energia e apresentar na forma de história em quadrinhos produzida no Pixton que é um serviço online que permite criar tirinhas e histórias em quadrinhos.	- Energia - Energia cinética - Energia potencial gravitacional - Energia potencial elástica - Teorema da energia cinética - Sistemas conservativos e sistemas não conservativos	- Foram utilizados os seguintes recursos digitais: vídeos, arquivos de texto, slides, infográfico, simulação computacional.	- Discussões acerca dos materiais de estudo prévio a fim de instigar a participação dos estudantes e obter a percepção de conceitos subsunçores nas respostas dadas. - Resolução de questões sobre os conteúdos trabalhados de forma colaborativa.	- Socialização dos vídeos dos experimentos e das histórias em quadrinhos elaborados pelos estudantes. - Aplicação do pós-teste.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Essa organização foi implementada no segundo semestre de 2018, com estudantes que vivenciaram o estudo a distância, com o uso de variados recursos digitais. A elaboração da UE que foi desenvolvida com o GE, em 13 horas-aula, considerou a construção de materiais instrucionais formulados para o aproveitamento das características de um subsunçor, isto é, procurando apresentar uma boa organização sequencial do material, identificando o conteúdo mais relevante para a aprendizagem, dando uma visão mais geral desse conteúdo e provendo elementos organizacionais inclusivos de forma a facilitar a aprendizagem.

Os momentos a distância contemplaram a introdução de materiais orientadores dos conteúdos abordados e representaram aqueles em que os estudantes desenvolveram as atividades sem a presença da professora, de forma autônoma. Os momentos em sala de aula ocorreram na escola, com a interação presencial entre os estudantes e a professora e contemplaram momentos de diálogo, questionamentos, realização das questões de aplicação do conhecimento.

O quadro 2 sintetiza a UE que foi elaborada para o GC e foi implementada no segundo semestre de 2019, com estudantes que vivenciaram a metodologia tradicional para abordar os conceitos de EM.

Quadro 2 – UE desenvolvida com o GC.

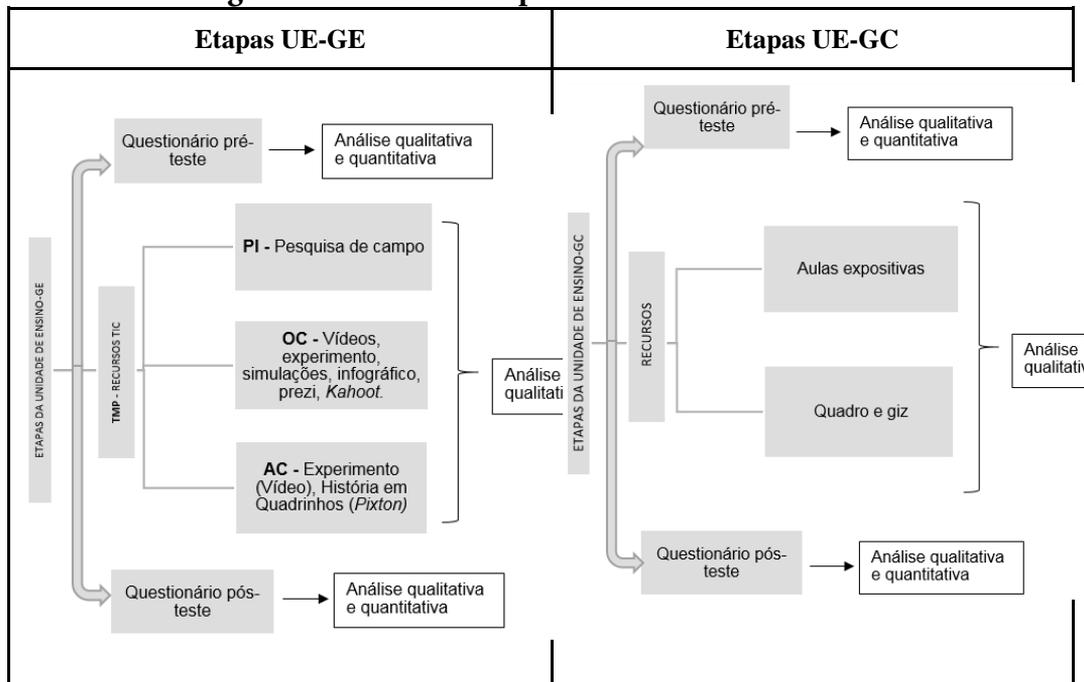
UE desenvolvida com o GC		
Conteúdos	Estratégias	Recursos
<ul style="list-style-type: none"> - Energia - Energia cinética - Energia potencial gravitacional - Energia potencial elástica - Teorema da energia cinética - Sistemas conservativos e sistemas não conservativos 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação do pré-teste - Aulas predominantemente expositivo-dialogadas - Aplicação do pós-teste 	<ul style="list-style-type: none"> - Quadro e giz - Material impresso - Livro didático

Fonte: Elaborado pelas autoras.

A fim de verificar as possíveis contribuições da SAI planejada na perspectiva dos TMP, foi desenvolvida uma UE em 12 horas-aula presenciais que seguiu a metodologia tradicional/expositiva de ensino como estratégia de comparação à UE organizada com a SAI. Nas aulas desta UE, com o grupo controle, os estudantes tiveram pouca participação no processo de ensino, pois elas foram expositivo-dialogadas e os conteúdos foram apresentados de forma sequencial; partindo de conceitos menos inclusivos e sem

a preocupação de seguir o princípio da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa dos conceitos. Em síntese as etapas da pesquisa estão representadas na Figura 1.

Figura 1 - Síntese das etapas das Unidades de Ensino.



Fonte: Elaborada pelas autoras.

Discussão dos resultados

No início de cada UE, foi aplicado o mesmo pré-teste, tanto para o GE como para o GC, cujo objetivo foi identificar os conhecimentos prévios relevantes, presentes na estrutura cognitiva dos estudantes acerca de EM, ou seja, verificar a existência de subsunçores cientificamente aceitos para a ancoragem dos novos conhecimentos e, assim, ensinar de acordo, como propõe a TAS. Subsunçores como: reconhecer formas de energia, associar as transformações de energia ocorridas em diferentes situações, associar o movimento uniformemente variado (MUV), em um plano horizontal, à alteração de velocidade e, esta, à energia cinética, reconhecer a presença de forças dissipativas e o Princípio da Conservação da Energia Mecânica. No final do desenvolvimento de cada

UE, buscou-se verificar indícios de modificação dos conhecimentos prévios ou ampliação do subsunçor de forma a evidenciar a aprendizagem significativa sobre os conceitos de EM através da aplicação de um pós-teste.

As respostas foram analisadas por meio de três categorias, a saber:

C1S1 se o estudante apresentava conhecimentos prévios cientificamente corretos do ponto de vista científico e subsunçores relevantes;

C2S1 se o estudante apresentava conhecimentos prévios parcialmente corretos do ponto de vista científico e subsunçores relevantes;

C3S2 se o estudante apresentava conhecimentos prévios alternativos, isto é, não convergentes com os cientificamente aceitos e ausência de subsunçores relevantes.

Os resultados do pré-teste contribuíram para o planejamento da SAI que seria implementada com o GE, pois, quando verificada a ausência de subsunçores necessários para a ancoragem do novo conhecimento, foram produzidos materiais instrucionais que pudessem promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora na organização e na aplicação do conhecimento (AUSUBEL, 1978).

Para o pós-teste, buscou-se possíveis evidências de aprendizagem após a implementação da SAI planejada na perspectiva dos TMP e elaborou-se quatorze questões sobre EM, objetivas e abertas, semelhantes àquelas do pré-teste, para que os estudantes pudessem expressar a sua compreensão do conteúdo e transformassem o conhecimento adquirido em situações novas (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002). Foi o momento de verificar a construção de aspectos mais formativos que somativos para tentar encontrar significado nas respostas analisadas. As respostas foram analisadas por meio de três categorias, a saber:

C1 – o estudante apresentava conceitos cientificamente corretos, logo indícios de aprendizagem significativa.

C2 – o estudante apresentava conceitos parcialmente corretos, logo poucos indícios de aprendizagem significativa.

C3 – o estudante apresentava conceitos alternativos e não convergentes com os cientificamente aceitos.

O instrumento buscou verificar se houve mudanças nas respostas prévias dos estudantes e, dessa forma, identificar possíveis indícios de aprendizagem significativa.

O GC foi utilizado como parâmetro para poder comparar o desempenho do GE. Assim, foram ministrados os mesmos conteúdos, aplicados os mesmos instrumentos pré-teste e pós-teste na qual os estudantes responderam individualmente e sem consulta e com metodologias de ensino diferentes a fim de comparar os resultados obtidos nos dois grupos. A análise qualitativa da proposta considerou o procedimento proposto por

Moraes (1999), em cinco etapas: preparação das informações, unitarização ou transformação do conteúdo em unidades; categorização ou classificação das unidades em categorias; descrição e interpretação. Os resultados foram atrelados à identificação de subsunçores acerca dos conhecimentos trabalhados sobre EM e à eficácia da programação dos materiais instrucionais da UE, com vistas à construção de organizadores prévios para a função de ancoradouro dos novos conhecimentos, necessários à aprendizagem significativa. Para a análise quantitativa, foi utilizado o teste *t-Student*, considerando os resultados obtidos no pré-teste e pós-teste que foram aplicados com os dois grupos, GE e GC, a fim de verificar se as médias obtidas com as formas de ensino (metodologia SAI e metodologia tradicional) eram diferentes entre os dois grupos.

A tabela 1 mostra a evolução verificada nas respostas dos estudantes do GE em relação ao pré-teste e pós-teste, conforme as categorias de análise previamente definidas.

Tabela 1 – Comparação entre pré-teste e pós-teste do GE.

GE	C1S1	C1	C2S1	C2	C3S2	C3
Média	2,258	7,677	4,258	2,71	8,484	4,613
Variação	2,531	4,692	2,465	1,946	4,525	3,645
Mínimo	0	4	1	0	4	1
Máximo	6	12	7	5	12	9
p-value	$p = 2,23 \cdot 10^{-16}$		$p = 1,24 \cdot 10^{-4}$		$2,987 \cdot 10^{-10}$	

Fonte: Dados da pesquisa.

Utilizando o teste *t-Student*, obteve-se $p < 0,05$ em todas as categorias analisadas e esse dado mostra que existe diferença significativa entre os resultados do pré-teste e do pós-teste dos estudantes do GE. Na categoria de conhecimentos corretos do ponto de vista científico foi encontrado um $p = 2,23 \cdot 10^{-16}$ e esse dado indica que o desempenho obtido pelos estudantes no pós-teste (C1) foi melhor, com média 7,677, em relação ao desempenho obtido no pré-teste (C1S1), onde a média foi 2,258. Esses resultados apontam que o GE apresentou alterações dos conhecimentos prévios que foram progressivamente diferenciados ficando mais elaborados e completos durante o desenvolvimento da UE e foi possível verificar indícios de aprendizagem significativa no que se refere ao fato de que a energia é continuamente transformada, distinção entre fonte de geração de energia e tipos de energia, caracterização de energia cinética e energia potencial gravitacional, identificação do tipo de energia predominantemente associada a situações específicas e reconhecimento do Princípio da Conservação da Energia em sistemas conservativos e não-conservativos.

Para os conhecimentos parcialmente corretos, o desempenho obtido pelos estudantes foi melhor no pós-teste (C2), pois a média foi menor, com valor de 2,710 em relação à média de 4,258 verificada no pré-teste (C2S1), com $p = 1,24 \cdot 10^{-4}$. Em termos de aprendizagem significativa, é possível que os conhecimentos que eram parciais e incompletos foram modificados e evoluídos, tornando-se mais completos e corretos.

Em relação aos conhecimentos alternativos e não convergentes com aqueles cientificamente aceitos, pode-se dizer que existe diferença significativa, pois encontrou-se um $p = 2,987 \cdot 10^{-10}$ entre os resultados obtidos no pré-teste e no pós-teste. No pós-teste (C3) o desempenho foi melhor, pois teve média de 4,613 inferior à média do pré-teste (C3S2), 8,484, indicando que o grupo apresentou redução de 54% nos conhecimentos alternativos sobre EM.

A tabela 2 apresenta os resultados obtidos na comparação entre os instrumentos pré-teste e pós-teste aplicados com os estudantes do GC.

Tabela 2 – Comparação entre pré-teste e pós-teste do GC

GC	C1S1	C1	C2S1	C2	C3S2	C3
Média	1,548	3,967	3,548	4	9,903	7,032
Varição	1,322	3,432	1,523	2,733	2,557	3,965
Mínimo	0	1	1	1	7	4
Máximo	5	9	6	7	13	11
p-value	$p = 1,42 \cdot 10^{-6}$		$p = 0,228$		$p = 3,15 \cdot 10^{-7}$	

Fonte: Dados da pesquisa.

Os dados da tabela indicam que os estudantes do GC apresentaram diferença significativa de aprendizagem em relação aos conhecimentos corretos, com média de 1,548 no pré-teste (C1S1) e 3,967 no pós-teste (C1), embora tenham experimentado a metodologia tradicional de ensino foi possível identificar uma evolução conceitual em relação a conceitos de EM, resultado que corrobora o pensamento de Masini e Moreira (2017, p. 44) quando afirmam que “Mesmo com estratégias e instrumentos clássicos, tradicionais, pode-se promover uma aprendizagem significativa [...]”. Ademais, não houve diferença significativa nos conhecimentos parcialmente corretos, pois no pré-teste (C2S1) a média foi 3,548, enquanto que no pós-teste (C2), 4,000. Isso pode indicar que alguns conhecimentos não modificaram e continuam incompletos. Em relação aos conhecimentos alternativos e não convergentes com aqueles cientificamente aceitos, os resultados indicaram que existe diferença significativa. No pré-teste (C3S2) a média foi 9,903 e no pós-teste (C3) 7,032, o que indica uma redução de conhecimentos que não convergem com aqueles cientificamente aceitos sobre EM.

Considerando as categorias de análise construídas a priori, para o pré-teste, os resultados indicaram a existência de conhecimentos prévios alternativos e não convergentes com os cientificamente aceitos para a maioria das respostas de ambos os grupos de estudantes, sobre os conceitos relacionados ao Princípio de Conservação da Energia Mecânica. As fragilidades conceituais apontaram a necessidade da introdução de conceitos subsunçores por meio de organizadores prévios para servir de ancoradouro à aprendizagem dos novos conceitos, visando promover a diferenciação progressiva e a modificação do subsunçor. Na perspectiva da TAS, os organizadores prévios são recursos instrucionais que devem ser usados quando o aluno não tem subsunçores relevantes para dar significado ao novo conhecimento (AUSUBEL, 2003).

Ao utilizar o teste *t-Student*, foi possível verificar diferença significativa de aprendizagem entre os dois grupos, conforme dados da tabela 3.

Tabela 3 – Resultados do questionários pós-teste.

Pós-teste	Número de amostras	Média	Variação	Mínimo	Máximo	p-valor
GE	31	7,677	4,692	4	12	9,5 . 10 ⁻¹⁰
GC	31	3,967	3,432	1	9	

Fonte: Dados da pesquisa.

Os dados apresentados na tabela 3 mostram que existe diferença significativa entre os conhecimentos dos estudantes do GE e do GC para os resultados obtidos com o pós-teste, pois ao utilizar o teste estatístico *t-Student* encontrou-se um $p < 0,05$. Os estudantes do GE obtiveram a média 7,677 de acertos no pós-teste, enquanto que os estudantes do GC obtiveram a média 3,967 para o mesmo instrumento. Além disso, em relação aos conhecimentos cientificamente corretos, o desempenho do GE no pós-teste foi melhor do que o verificado no GC.

Dessa forma, os resultados indicam que os estudantes do GE apresentaram uma média de acertos para as questões do pós-teste significativamente melhor do que aquela verificada no GC para o mesmo questionário, e esse fato pode sugerir a possível eficácia da implementação da metodologia SAI organizada na perspectiva dos TMP.

Considerações finais

Na concepção da TAS, a ocorrência da aprendizagem significativa está condicionada à interação entre o prévio e o novo conhecimento, que Moreira (2010) chama de conceito subsunçor, um conhecimento especificamente relevante que seja capaz de proporcionar a interação cognitiva necessária para a aprendizagem. Nesse sentido, a fim de verificar as contribuições da SAI na perspectiva dos TMP, para a aprendizagem significativa de conceitos de EM, foram elaboradas duas Unidades de Ensino para serem desenvolvidas com grupos de estudantes: o GE que vivenciou a implementação da SAI e o GC que foi tomado como parâmetro para o estudo e vivenciou a prática tradicional de ensino.

Os resultados do estudo indicaram que a SAI, organizada em TMP, configurou-se uma opção metodológica potencial para a identificação e/ou construção de subsunçores necessárias à aprendizagem significativa de EM. As fragilidades conceituais que foram identificadas no pré-teste foram consideradas para o planejamento da UE que seria desenvolvida com o GE com vistas à diferenciação progressiva e modificação do subsunçor.

Além do mais, foi possível verificar alterações dos conhecimentos prévios que foram progressivamente diferenciados durante o desenvolvimento da UE do GE e possíveis indícios de aprendizagem significativa acerca de conhecimentos de EM, como: transformação de energia, fonte de geração de energia e tipos de energia, Energia Mecânica, Energia Cinética e Energia Potencial Gravitacional e Princípio da Conservação da Energia em sistemas conservativos e não-conservativos.

Os resultados estatísticos deste estudo, obtidos com o teste *t-Student*, destacaram a diferença significativa de aprendizagem entre os alunos do GE e GC, verificada nos questionários que foram aplicados aos referidos grupos. Os dados mostraram que a média de acertos dos estudantes do GE ao pós-teste foi 7,677 enquanto que a média de acertos do GC foi de 3,967, indicando um melhor desempenho do GE na categoria de conceitos cientificamente corretos em relação ao GC e esse resultado pode indicar a possível influência da SAI que foi planejada em TMP. Estes índices corroboram com o pensamento de Freitas (2015) que afirma que a SAI é uma metodologia potencial para a construção do conhecimento, pois oferece potencialidades didáticas, possibilita o uso de recursos digitais e tende a promover a participação ativa e a colaboração dos estudantes, aspectos não verificados na metodologia de ensino tradicional.

Destaca-se a identificação de aspectos relevantes verificados na implementação da SAI, como: a autonomia dos estudantes para realizar o estudo prévio, o engajamento

para realizar as atividades propostas, a colaboração para o trabalho em grupos, o protagonismo e a interação entre estudantes e com a professora durante as aulas presenciais, aspecto que é um dos grandes benefícios que a implementação da metodologia SAI proporciona (BERGMANN; SAMS, 2016).

Os recursos utilizados na SAI planejada na perspectiva dos TMP, inserção de variadas TIC (textos, simulações, vídeos, infográfico) em todos os momentos pedagógicos da UE contribuíram para a promoção do conhecimento dos estudantes do GE, considerando que, segundo Masini e Moreira (2017), a motivação do aluno pode ser alcançada com estratégias pedagógicas que têm o potencial de aumentar a predisposição para aprender, condição necessária para a ocorrência da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1978).

Ademais, os resultados da pesquisa destacaram o papel de mediador que o professor exerce no processo de ensino e aprendizagem (MORAN, 2018), incentivando o aluno a desenvolver a autonomia e a buscar a solução para suas dificuldades (BACICH, 2016).

No contexto desse estudo, destaca-se a importância dos TMP: na PI foi possível identificar os conhecimentos prévios e subsunçores; na OC foi possível contemplar o desenvolvimento das aprendizagens e promover a diferenciação progressiva e os significados dos conceitos de EM; e, finalmente, na AC, buscou-se identificar as aprendizagens e promover a reconciliação integrativa dos conceitos estudados. Ainda, a integração das metodologias SAI e TMP possibilitou a flexibilização do tempo e do espaço de acordo o ritmo do aluno (KENSKI, 2013), bem como o aproveitamento do tempo de aula presencial para discutir e solucionar dúvidas e a aplicação o conhecimento na resolução de situações-problema (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002).

Referências

- AGRA, Glenda; FORMIGA, Nilton Soares; OLIVEIRA, Patrícia Simplício de; COSTA, Marta Miriam Lopes; FERNANDES, Maria das Graças Melo; NÓBREGA, Maria Miriam Lima da. Análise do conceito de Aprendizagem Significativa à luz da Teoria de Ausubel. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 72, n. 1, p. 248-265, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2017-0691>. Acesso em: 25 jul. 2021.
- AMALDI, Ugo. *Imagens da Física*. São Paulo: Scipione, 1995.
- ANDRADE, Luiz Gustavo da Silva Bispo; JESUS, Lucas Antônio Feitosa de; FERRETE, Rodrigo Bozi; SANTOS, Ronney Marcos. A Sala de Aula Invertida como alternativa

inovadora para a Educação Básica. *Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco*, v. 8, n. 2, p. 4-22, 2019.

AUSUBEL, David Paul. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Paralelo, 2003.

AUSUBEL, David Paul. *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas, 1978.

BACICH, Lilian. *Implicações da organização da atividade didática com uso de tecnologias digitais na formação de conceitos em uma proposta de Ensino Híbrido*. 2016. 317 f. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Psicologia. Área de concentração: Psicologia da Aprendizagem, do Desenvolvimento e da Personalidade). Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2016.

BERGMANN, Jonathan; SAMS, Aaron. *Sala de Aula Invertida: Uma Metodologia Ativa de Aprendizagem*. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: introdução aos parâmetros curriculares nacionais*. Brasília, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). *Base Nacional Comum Curricular*. 2018.

Disponível em:

http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf. Acesso em: 30 março de 2018.

CHRISTENSEN, Clayton; HORN, Michael; STAKER, Heather. *Ensino Híbrido: uma Inovação Disruptiva? Uma introdução à teoria dos híbridos*. Maio de 2013. Disponível em: <http://porvir.org/wp-content/uploads/2014/08/PT_Is-K-12-blendedlearning-disruptive-Final.pdf>. Acesso em: abr. 2020.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. *Ensino de ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez, 2002.

FREITAS, Vitor Jurtlero de. *A aplicabilidade da flipped classroom no Ensino de Física para turmas da 1ª série do ensino médio*. 2015. 149 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante de Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação UFES – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória 2015.

KENSKI, Vani Moreira. *Tecnologias e tempo docente*. Campinas, SP: Papirus, 2013.

MASINI, Elcie Aparecida Fortes Salzano; MOREIRA, Marco Antonio. *Aprendizagem significativa na escola*. Curitiba, PR: CRV, 2017.

MORAES, Roque. Análise de conteúdo. *Revista Educação*. Porto Alegre, n. 37, mar. 1999.

- MORAN, José. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, Lilian; MORAN, José. (orgs.). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018.
- MORAN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. In: SOUZA, Carlos Alberto de; MORALES, Ofelia Elisa Torres. (orgs.). *Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens*. Coleção Mídias Contemporâneas. 2015. Disponível em: https://mundonativodigital.files.wordpress.com/2015/06/mudando_moran.pdf. Acesso em: 12 jun. 2021.
- MOREIRA, Marco Antônio. *O que é afinal aprendizagem significativa?* 2010. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueefinal.pdf>. Acesso em: 20 set. 2016.
- MOREIRA, Marco Antonio; MASINI, Elcie Aparecida Fortes Salzano. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. 2. ed. São Paulo: Centauro. 2001.
- OLIVEIRA, Rafael Rodrigues de. *A utilização da modelagem computacional no Processo de ensino e aprendizagem de tópicos de Física através da metodologia de módulos Educacionais: uma investigação no ensino médio*. 2015. 286 f. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Educação). Universidade Federal do Espírito Santo. Espírito Santo. 2015.
- RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. *Os fundamentos da física*. 11. ed. São Paulo: Moderna, v.3, 2015.
- SANTOS, Elton Araújo dos. *Uma proposta de aula de óptica para o ensino médio baseada em metodologias de ensino ativas*. 2017. 74 f. Dissertação (Mestrado – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus. 2017.
- VALENTE, José Armando. Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. *Educar em Revista*, Curitiba, Brasil, Edição Especial, n. 4, p. 79-97, 2014.
- VALENTE, José Armando. A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado: uma experiência com a graduação em midialogia. In: BACICH, Lilian; MORAN, José (orgs.). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018.
- VÁLIO, Adriana Benetti Marques; FUKUI, Ana; FERDINIAN, Bassam; OLIVEIRA, Gladstone Alvarenga de; MOLINA, Madson de Melo; OLIVEIRA, Venerando Santiago de. *Ser protagonista box: física, ensino médio: volume único*. São Paulo: Edições SM, 2014.