

ARTIGO ORIGINAL

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DE ELETRICIDADE A PARTIR DE CONCEPÇÕES ESPONTÂNEAS

Reginaldo A. Zara 

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste

¹Programa de Pós-Graduação em Ensino – PPGEn

²Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física Polo UTFPR Medianeira

reginaldo.zara@unioeste.br

Leandro Marcos Weizenmann 

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Polo UTFPR Medianeira

leandroweis@hotmail.com

Resumo

Neste trabalho apresentamos uma proposta de Sequência Didática (SD) para investigação de conceitos sobre eletricidade a partir das concepções prévias dos estudantes e relatamos a aplicação em uma turma do terceiro ano do ensino médio de uma escola pública. A SD proposta tem uma abordagem qualitativa, com ênfase nos conceitos físicos e não na expressão quantitativa das grandezas e utiliza ferramentas facilmente acessíveis podendo ser facilmente replicada em condições de sala de aula. O desenvolvimento das atividades previstas na SD, induz o confronto entre as ideias provenientes dos conhecimentos prévios dos estudantes e o conhecimento científico, o que proporciona a oportunidade para que o professor, agindo como mediador, contribua para o rompimento das concepções prévias em favor do conhecimento científico. Nossas observações sobre o andamento das atividades indicam a necessidade da interferência do professor reforçando a interação entre o conhecimento prévio ou os espontâneos com os conceitos relevantes que se pretende ensinar.

Palavras-chave: Ensino de física, concepções alternativas, eletricidade.

A DIDACTIC SEQUENCE FOR TEACHING ELECTRICITY STARTING FROM SPONTANEOUS CONCEPTIONS

Abstract

In this work we present a Didactic Sequence (DS) proposal for investigating concepts about electricity starting from students' previous conceptions and we report the application of the DS in a third-year class of a public school. The proposed DS has a qualitative approach, with emphasis on physical concepts and not on the quantitative expression of quantities and uses easily accessible tools that can be easily replicated in classroom conditions. The development of the activities foreseen in the DS, induces the confrontation between the ideas coming from the students' previous knowledge and scientific knowledge, which provides the opportunity for the teacher, acting as mediator, to contribute to the breaking of the previous conceptions in favor of knowledge scientific. Our observations on the progress of activities indicate the need for teacher interference, reinforcing the interaction between prior or spontaneous knowledge with the relevant concepts that are intended to be taught.

Keywords: Physics Teaching; previous conceptions; electricity

1. INTRODUÇÃO

Este texto relata uma ação didática cujo objetivo é o ensino de conceitos básicos que fundamentam a análise de circuitos elétricos de corrente contínua a partir dos conhecimentos prévios ou os espontâneos dos alunos. A ação foi planejada de forma que alunos possam construir e propor formas de expressar os conceitos sobre circuitos elétricos confrontando suas próprias concepções com observações feitas a partir de simulações e situações práticas do cotidiano. Para isso foi elaborada uma Sequência Didática (SD) para investigação de circuitos simples cujo procedimento de execução seja facilmente realizado pelos alunos. A SD tem uma abordagem qualitativa, com ênfase nos conceitos físicos e não na expressão quantitativa das grandezas e pode ser replicada em condições de sala de aula por qualquer interessado.

A SD proposta utiliza um inventário de concepções espontâneas obtido pela aplicação de um questionário de investigação de conhecimentos prévios (pré-teste) e um simulador de circuitos elétricos. A execução da SD, por sua vez, é baseada em dois momentos: aplicação do pré-teste para levantamento dos conhecimentos prévios e a revisitação das questões do pré-teste com solução por meio de simulações.

O questionário utilizado é um recorte do instrumento proposto e validado por Silveira, Moreira e Axt (conhecido na literatura como Teste SMA) (SILVEIRA, 1989, 2011). Neste

trabalho vamos chamar este subconjunto de questões de Teste SMA reduzido – SMAr. Quanto a simulação, optamos pelo uso do simulador disponível no PhET (PHET, 2018) devido à quantidade e ao tipo de ferramentas disponíveis no software, além da facilidade de uso, de forma que mesmo o aluno inexperiente com o trabalho com circuitos elétricos possa efetuar a situação de forma clara.

Nas próximas seções justificamos a escolha do tema, apresentamos o detalhamento da SD e relatamos a aplicação em uma turma do 3º ano do Ensino Médio.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Revisão Teórica: Concepções alternativas em conceitos sobre Eletricidade

Apesar do fato de que o uso de eletricidade seja corriqueiro, a experiência como professor de física tem mostrado que os estudantes têm dificuldade e associar o conteúdo sobre eletricidade estudado com as atividades cotidianas (GRAVINA, 1994, LABURÚ, 2009), o que justifica a abordagem de conceitos sobre eletricidade através da exploração básicos em circuitos de corrente contínua. Embora os fenômenos elétricos nos acompanhem em nossas atividades diárias, os princípios científicos deste assunto geralmente são carregados de concepções alternativas, muitas vezes distorcidas, em relação à sua natureza e aplicação. Assim, se por um lado o fato de os alunos terem familiaridade com o assunto é benéfico, permitindo ao professor recorrer a situações conhecidas pelos

estudantes, por outro lado, suas preconcepções sobre o tema, muitas vezes oriundas de suas observações dos fenômenos seguida de uma interpretação baseada no senso comum, acabam gerando problemas no ensino de conceitos físicos, pois nem sempre os as explicações para fenômenos aparentes observados pelos estudantes convergem para os modelos científicos aceitos atualmente.

Nesse contexto, o objetivo do ensino deste conteúdo é promover a transformação dos conhecimentos prévios dos estudantes, frequentemente carregados de concepções alternativas, em conhecimentos científicos mais elaborados. A reelaboração dos conceitos prévios é muitas vezes permeada por sucessivas reconstruções, sempre presente a relação, muitas vezes antagônicas, entre os conceitos que os estudantes construíram pela vivência com o mundo real e os conceitos científicos veiculados pela escola (CRESPO, 2010).

De acordo com Silveira (1989, 2011), pesquisas em ensino apontaram que alunos apresentam concepções alternativas (CA), isto é, concepções com significados errôneos, em conflito com o conhecimento aceito pela comunidade científica sobre vários temas da Física. Na área de circuitos elétricos simples Silveira apresenta um resumo na forma de um quadro comparativo contrapondo lado a lado enunciados que descrevem as CA e os enunciados científicos, conforme reproduzimos no Quadro 1.

Quadro 1: Comparação entre as concepções alternativas e científicas

Concepções sobre corrente elétrica em circuitos simples de corrente contínua	
Alternativas	Científicas
1. A corrente é uma forma de fluido produzido pela fonte ou gerador. A fonte é um depósito deste fluido, liberando-o para o circuito. A fonte produz ou armazena cargas para fornecê-las ao circuito.	1. A corrente elétrica é o movimento "ordenado" das cargas livres que pré-existem nos condutores. A fonte é responsável pelo campo elétrico que, exercido internamente aos condutores do circuito, coloca as cargas livres nos condutores movimento "ordenado". A fonte não produz ou armazena cargas; a fonte libera energia para produzir o movimento "ordenado" das cargas livres que sempre existem nas diversas partes do circuito.
2. A corrente que "sai", que é "emitida" pela fonte (gerador) é uma propriedade exclusiva desta, não sendo afetada pelos demais elementos do circuito.	2 A intensidade da corrente produzida pela fonte não depende apenas da fonte. A parte do circuito externa à fonte também influencia a intensidade da corrente na fonte. A mesma fonte pode produzir correntes elétricas com intensidades diferentes, dependendo do que foi conectado entre seus terminais.
3. A corrente "desgasta-se", "dissipa-se" ao passar por "obstáculos" no circuito (lâmpadas, resistores, etc.), podendo até ser extinta caso passe por muitos "obstáculos". Conforme a corrente vai "passando" pelos "obstáculos", vai se tornando mais fraca.	3 A corrente conserva-se espacialmente. Não importando quantos elementos exista associados em série, a intensidade da corrente é a mesma em todos eles. Para que a intensidade da corrente elétrica seja diferente em regiões diversas de um circuito, deve existir um ou mais nós ou divisores de corrente (associações em paralelo) entre essas regiões. Quando isto ocorre, a corrente se divide, entretanto a soma das intensidades da corrente nas diversas partes é necessariamente igual à corrente total.
4. A intensidade da corrente elétrica é determinada pelo local em que ela "está passando" e pelos locais onde já "passou". Ela não pode ser influenciada pelos elementos onde ainda "não passou".	4. A intensidade da corrente elétrica em uma região do circuito depende de todo o circuito. O circuito é um sistema, isto é, modificando-se uma parte do circuito, altera-se a corrente em outras partes. Somente em situações muito especiais e idealizadas é possível alterar a intensidade da corrente elétrica em uma parte de um circuito sem alterar a intensidade em outras partes.

Fonte: Silveira (2011)

Recentemente, Andrade e colaboradores (2018) investigaram a recorrência das concepções alternativas listadas por Silveira sobre corrente elétrica em circuitos simples usando o mesmo questionário para levantamento de concepções e entrevistas com estudantes. Seus resultados confirmaram a recorrência de concepções alternativas relatadas na literatura e estabeleceram relações com outras investigações sobre esse fenômeno, como o trabalho de Shipstone e colaboradores (1988), que estudaram essa questão em cinco países europeus, e de Solano e colaboradores (2002) que investigaram a persistência de concepções alternativas sobre circuitos elétricos em alunos na faixa etária entre 11 e 18 anos.

De forma resumida, Andrade e colaboradores (2018) relatam a prevalência da ideia de que a bateria é uma fonte de corrente elétrica constante, e que esta essa concepção equivocada gera outras concepções alternativas. Relatam ainda que alguns alunos associam a corrente elétrica a um fluxo de energia, sugerem que a concepção do consumo de corrente venha da ideia do consumo de energia em nosso cotidiano e indicam que essas concepções devem ser seriamente consideradas na produção de material didático ou instrucional sobre o tema.

Nesse sentido, a ação didática relatada neste texto parte do levantamento das concepções alternativas sobre eletricidade em um grupo de alunos do 3º ano do Ensino Médio para explorar o funcionamento de circuitos elétricos simples e aprofundar a discussão de conceitos sobre eletricidade através de simulações computacionais. Como o ponto de partida da atividade é o levantamento de conhecimentos prévios, expressos pelas concepções espontâneas registradas em um pré-teste, e que as propostas de atividades de simulação levam em conta o conjunto destes conhecimentos prévios, entendemos que o suporte teórico que fundamenta esta ação, e sobre a qual interpretamos o resultado da ação é a Teoria da Aprendizagem Significativa (MOREIRA, 2011).

2.2 Apresentação da Sequência Didática

Conforme citado anteriormente, a Sequência Didática foi elaborada utilizando ferramentas duas facilmente acessíveis: um questionário para levantamento de conhecimentos prévios disponível na literatura e o simulador gratuito PhET.

O questionário utilizado para o levantamento de conhecimentos prévios foi e validado por Silveira, Moreira e Axt (conhecido na literatura como Teste SMA) (SILVEIRA, 1989, 2011) e do qual extraímos um subconjunto de questões a serem investigadas nesta ação e que chamamos de Teste SMA reduzido – SMAR.

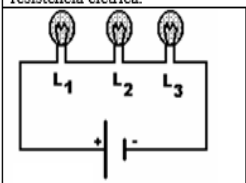
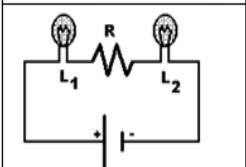
O teste SMA original foi proposto por Silveira, Moreira e Axt (Silveira, 1989) para verificar se alunos de engenharia possuíam concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. Os autores elaboraram e validaram este instrumento composto por 14 questões retiradas da literatura ou propostas diretamente pelos autores. As questões do teste são de múltipla escolha, sendo disponibilizadas três alternativas: uma dessas alternativas é coerente com concepções científicas sobre corrente elétrica, enquanto as outras duas são coerentes com concepções alternativas ou espontâneas já relatadas na literatura e que aparecem no resumo no Quadro 1.

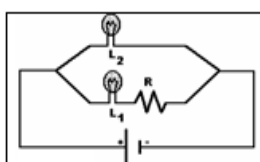
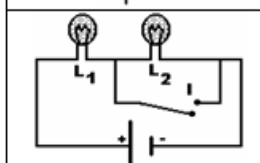
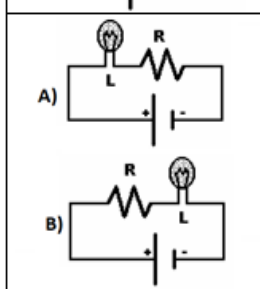
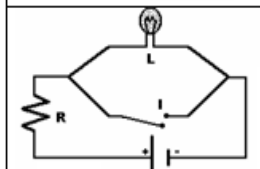
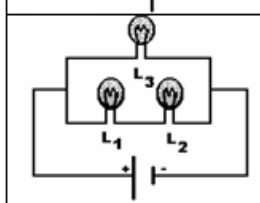
Os circuitos elétricos propostos no teste SMA podem ser compostos por resistores, lâmpadas, interruptores, fontes de tensão, capacitores e elementos ocultos (indicados como “caixa-preta”, na representação do circuito. Ao analisar a viabilidade do uso do

teste SMA na elaboração da atividade, optamos por selecionar as questões que envolvem apenas os circuitos formados por resistores, lâmpadas, interruptores e fontes de tensão, eliminando aquelas questões que continham capacitores e elementos ocultos. Além disso, havendo questões que cobriam conceitos similares, optamos por usar apenas uma delas. Com isso, selecionamos 07 questões dentre as 14 do teste SMA original para compor o SMAR de forma que em nossa SD as questões do teste são aquelas mostradas no Quadro 2. A extração de um subconjunto de questões do teste SMA permite nos concentrar em um conjunto menor de situações de maneira que possa dedicar mais tempo à construção de conceitos no segundo momento da SD, ou seja, durante a fase de simulação dos circuitos. Assim, o primeiro momento da SD consiste no levantamento de conhecimentos prévios a partir do questionário SMAR sobre concepções alternativas em eletricidade. Além disso, esta fase possui um componente motivacional, despertando a curiosidade do aluno em saber se respondeu as questões corretamente.

Quadro 2 – Teste SMAR construído a partir de um extrato do teste SMA.

Nas questões abaixo, todas as lâmpadas são iguais. O brilho de uma lâmpada é proporcional à intensidade da corrente elétrica que passa por ela, sendo que quanto maior a corrente elétrica mais intenso é o brilho. As baterias são consideradas ideais, ou seja, não possuem resistência elétrica.

	1) No circuito da Figura, pode afirmar que: L_1 brilha mais do que L_2 e esta mais que L_3. L_3 brilha mais do que L_2 e esta mais que L_1. - As três lâmpadas tem o mesmo brilho
	2) No circuito da Figura, R é um resistor. Neste circuito: L_1 e L_2 têm o mesmo brilho. L_1 brilha mais do que L_2 L_2 brilha mais do que L_1

	3) No circuito da Figura, R é um resistor. Neste circuito: L_1 têm o mesmo brilho de L_2. L_2 brilha mais do que L_1 L_1 brilha mais do que L_2
	4) No circuito da Figura, I é um interruptor. Ao fechá-lo: - Aumenta o brilho de L_1 - O brilho de L_1 permanece o mesmo - Aumenta o brilho de L_2
	5) Nos circuitos A e B, a lâmpada L, o resistor R e a bateria são exatamente os mesmos. Nestas situações: - L brilha mais no circuito A. - L brilha igual em ambos os circuitos. - L brilha mais no circuito B.
	6) No circuito da Figura, I é um interruptor que está aberto. Ao fechar o interruptor: - L continua brilhando como antes. - L deixa de brilhar. - L diminui seu brilho, mas não apaga.
	7) No circuito da Figura: L_1 e L_2 têm o mesmo brilho que é menor do que o de L_3. L_1 brilha mais do que L_2 e do que L_3. L_1, L_2 e L_3 brilham igualmente.

Fonte: Extraído de Silveira (2011)

O segundo momento da SD consiste na revisitação do questionário SMAR e sua solução a partir das observações feitas em um simulador, ou seja, após a aplicação do questionário de conhecimentos prévios, é realizada uma atividade prática-computacional com os alunos, utilizando o simulador PhET para que eles resolvam as questões com base em suas observações qualitativas do comportamento do circuito. Assim, esta atividade envolve as mesmas questões respondidas pelos alunos no teste de levantamento de conhecimentos prévios, mas nesse caso, as questões devem ser respondidas a partir das observações feitas a partir da

simulação, montando e simulando os circuitos sugeridos na questão.

Para a execução da atividade, escolhemos o simulador Kit de Construção de Circuito (AC+DC) da plataforma PhET, traduzidos em português, por serem fáceis de manipular, divertidos e dinâmicos e de uso livre. Atualmente, o ambiente de simulação disponibilizado pelo PhET pode ser executado diretamente na Internet e acessado em sistemas operacionais que possuem Flash, Java ou HTML5 instalados. De maneira alternativa, alguns de seus componentes podem ser baixados e executados em máquinas locais. No caso deste trabalho escolhemos o simulador Kit de Construção de Circuito (AC+DC) na versão em JAVA, traduzido em português, por ser fácil de manipular, pode ser baixado para o computador dispensando a necessidade de conexão com a Internet, além de contar com a opção de salvar os circuitos montados para uso posterior. Entretanto, as atividades de simulação podem ser efetuadas também com a versão em html5.

Ao utilizar o simulador pode-se explorar as concepções explicitadas no teste SMAr variando alguns parâmetros e explorando as características do circuito. O Quadro 3 traz o conjunto de sugestões apresentadas aos alunos e que servem como guia para a execução das simulações.

Quadro 3 – Sugestões de atividades a serem executadas pelos alunos durante a simulação das questões do teste SMAr

Questão	Sugestões para execução da atividade de simulação
01	- Mantenha os valores das resistências das lâmpadas iguais e fixos: - Aumente gradativamente o valor da tensão da fonte. Observe e descreva o que acontece com o brilho das lâmpadas; - Observe a quantidade e o sentido do movimento dos portadores de carga através do circuito. Observe e descreva o que acontece com a quantidade e o sentido do movimento dos portadores de carga - Inverta a polaridade da fonte de tensão e: - observe o sentido do movimento dos portadores de carga e descreva o que acontece quando a polaridade da fonte é invertida; - observe o brilho das lâmpadas e descreva o que acontece quando a polaridade da fonte é invertida; - Observe e descreva a quantidade de portadores que parte/chega do terminal da fonte;
02	- Mantenha os valores das resistências das lâmpadas iguais e fixos e um valor fixo da tensão da fonte. Aumente gradativamente o valor de R: - Efetue uma descrição comparativa do brilho das lâmpadas; - Descreva as mudanças nos brilhos das lâmpadas com o aumento de R; - Observe e descreva a quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo do circuito com o aumento de R.
03	- Mantenha os valores das resistências das lâmpadas iguais e fixos e um valor fixo da tensão da fonte. Aumente gradativamente o valor de R: - Efetue uma descrição comparativa do brilho das lâmpadas; - Descreva as mudanças nos brilhos das lâmpadas com o aumento de R; - Observe e descreva a quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo do ramo do circuito que contém L2 com o aumento de R. - Observe e descreva a quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo do ramo do circuito que contém L1 e R com o aumento de R. - Observe e descreva a quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo do circuito com o aumento de R.
04	- Mantenha os valores das resistências das lâmpadas iguais e fixos. - Observe e descreva a quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo do circuito quando a chave I está aberta; - Observe e descreva a quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo do circuito quando a chave I está fechada; - Observe e descreva a mudança de brilho da lâmpada L1 quando a chave I passa de aberta a fechada; - Observe e descreva a mudança de brilho da lâmpada L2 quando a chave I passa de aberta a fechada;
05	- Mantenha os valores das resistências R e das lâmpadas iguais e fixos e um valor fixo da tensão da fonte: - Observe e faça uma descrição comparativa da quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo de cada circuito. - Inverta a polaridade da fonte de um dos circuitos e faça uma descrição comparativa da quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo de cada circuito.
06	- Mantenha os valores das resistências R e das lâmpadas iguais e fixos e um valor fixo da tensão da fonte. Selecione o valor da resistência R e da lâmpada iguais aos utilizados no circuito 5b. - Faça uma descrição comparativa entre o circuito com a chave I aberta com aquele do circuito 5b. - Observe e faça uma descrição comparativa do brilho da lâmpada, da quantidade e a velocidade dos portadores de carga ao longo do circuito com a chave I aberta e fechada.
07	- Mantenha todas as lâmpadas idênticas. - Observe e descreva comparativamente o brilho das lâmpadas no ramo do circuito que contém L1 e L2. - Observe e descreva comparativamente o brilho da lâmpada L3 com o brilho das lâmpadas no ramo do circuito que contém L1 e L2. - Observe e descreva comparativamente a quantidade e a velocidade dos portadores de carga que passam pelo ramo da lâmpada L3 quantidade e a velocidade dos portadores de carga que passam no ramo do circuito que contém L1 e L2.

Fonte: Os Autores

A fase de realização das simulações é o momento em que as concepções prévias ou alternativas dos estudantes são qualitativamente contrastadas com os

fenômenos físicos providos pela simulação, produzindo um conflito entre suas concepções e a realidade física. Por isso, nesta fase destaca-se a interferência do professor atuando como mediador da ressignificação dos conceitos, conduzido o estudante na análise deste novo conhecimento. A fim de auxiliar nesta tarefa, elencamos no Quadro 4 algumas sugestões de pontos que o professor pode utilizar nos momentos de interferência, com destaque a alguns aspectos que podem ser explorados na simulação e que guardam relação com as

Quadro 4 – Sugestões para o professor durante a simulação das questões

Questão	Aspectos que podem ser explorados
01	1. Reafirmar que as lâmpadas possuem sempre brilhos iguais entre si; 2. Observar que a intensidade do brilho é proporcional à tensão da fonte; 3. Explorar a concepção alternativa de que a corrente elétrica é consumida ao passar por um dispositivo; 4. Explorar a notação de corrente real e corrente convencional. 5. Explorar o princípio de conservação da carga elétrica que flui pelo circuito. 6. Introduzir o uso de instrumentos de medida disponíveis no simulador.
02	1. Explorar os efeitos que a mudança de propriedade de um elemento do circuito pode produzir sobre o funcionamento de outros componentes. 2. Explorar os efeitos que a mudança de propriedade de um elemento do circuito pode produzir sobre as grandezas físicas concernentes ao circuito, evidenciando que a mudança em um ponto do circuito afeta o comportamento em todos os outros pontos. 3. Utilizar o princípio da conservação da carga elétrica para introduzir o conceito de associação de componentes em série.
03	1. Explorar os efeitos que a mudança de propriedade de um elemento do circuito pode produzir sobre o funcionamento de outros componentes. 2. Explorar os efeitos que a mudança de propriedade de um elemento do circuito pode produzir sobre as grandezas físicas concernentes ao circuito evidenciando que a mudança em um ponto do circuito afeta o comportamento em todos os outros pontos. 3. Utilizar o princípio da conservação da carga elétrica para introduzir o conceito de associação de componentes em paralelo.
04	1. Explorar o fato de que a corrente elétrica não é uma propriedade exclusiva do gerador; 2. Explorar o conceito de curto circuito.
05	1. Explorar o princípio de conservação da carga elétrica que flui pelo circuito em contraste com a concepção alternativa de que a corrente elétrica é consumida ao passar por um dispositivo.
06	1. Explorar o princípio de circuito.
07	1. Explorar o funcionamento de lâmpadas associadas em série e em paralelo, através da análise do visual do brilho relativo.

Fonte: Os Autores

questões do teste SMAr.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção relatamos a aplicação da Sequência Didática proposta em condições reais de sala de aula. Para aplicação desta atividade escolhemos a uma turma do 3º Ano do Ensino Médio do Colégio Estadual Tiradentes, localizado no distrito de São José do Itavó – Município de Itaipulândia – PR. As atividades foram desenvolvidas no ano de 2018 e contou com a participação de 13 alunos.

A primeira atividade executada foi a aplicação do questionário para levantamento de conhecimentos prévios. Neste caso o SMAr foi entregue impresso e cada aluno respondeu as questões de forma individual, sem qualquer tipo de consulta.

Em geral, os resultados obtidos através do questionário SMAr corroboram as observações de Andrade e colaboradores sobre a recorrência das concepções alternativas. Mesmo em uma turma do final do Ensino, que os estudantes se preparam para os exames de ingresso em cursos superiores, os dados mostram que os alunos possuem muitas concepções com significados errôneos, como pode ser visto no Quadro 5, que apresenta a quantidade de respostas assinaladas para cada questão. Nesse quadro, o número de respondentes que optaram por cada alternativa encontra-se entre parênteses enquanto as respostas corretas estão sublinhadas e em negrito.

Podemos observar que nenhuma das questões teve acerto de todos os alunos e que vários deles não possuem as concepções bem claras quanto ao conteúdo. Em geral, as respostas dadas pelos alunos enquadram-se nas concepções alternativas elencadas por Silveira listadas no Quadro 1. A distribuição de escolhas das alternativas expressas no Quadro 5 aponta para a importância de abordar o assunto ensinado aos alunos de maneira mais intensificada nos momentos de interferência, esclarecendo dúvidas e contrapondo os erros advindos da concepção espontânea.

Quadro 5 – Respostas dos estudantes ao questionário SMAr

Questão	Quantidade de alternativas assinaladas		
01	A (2)	B (3)	<u>C (8)</u>
02	<u>A (9)</u>	B (1)	C (3)
03	A (5)	<u>B (5)</u>	C (3)
04	<u>A (4)</u>	B (5)	C (4)
05	A (5)	<u>B (5)</u>	C (3)
06	A (5)	<u>B (4)</u>	C (4)
07	A (5)	<u>B (5)</u>	C (3)

Fonte: Dados dos autores

Considerando este cenário, observamos que para trabalhar os conceitos sobre eletricidade não podemos nos concentrar apenas nas respostas corretas apontadas pelos alunos no teste de avaliação de conhecimentos prévios. É necessário analisar a distribuição de respostas às questões, como apresentado no Quadro 5 e também proceder uma análise qualitativa sobre os erros cometidos, observando a recorrência em certos tipos de erros podem sugerir aspectos conceituais que precisam ser enfatizados. Isto é necessário pois, de acordo com a Teoria da Aprendizagem significativa, os conhecimentos prévios é que

forneem o suporte para o novo conhecimento, o que deve ser explorado no segundo momento da SD, no sentido de que, se o conhecimento prévio está carregado de concepções alternativas, deve-se romper com estas concepções em favor do conhecimento científico.

Após a aplicação do questionário de conhecimentos prévios foi realizada a atividade prática-computacional com os alunos, utilizando o simulador PhET. Nessa atividade foram propostas a mesmas questões respondidas pelos alunos no teste de levantamento de conhecimentos prévios, mas nesse caso, as questões deveriam ser respondidas a partir das observações feita com a montagem de cada circuito no software e a simulação de seu funcionamento para diferentes conjuntos de parâmetros. Além da resposta à questão objetiva do questionário, foi solicitado aos alunos a manipulação da simulação para observar as grandezas físicas, conforme as sugestões elencadas no Quadro 3. Estas observações deveriam ser descritas, de forma qualitativa pelos alunos, através da solução de proposições descritivas. Assim, os alunos usaram o simulador do PhET para montar os circuitos sugeridos na questão, de acordo com as orientações recebidas por escrito e que escreveram suas observações das simulações a fim de justificar suas (possíveis novas) repostas às questões.

A fase da simulação é permeada pela interferência do professor, interagindo com os alunos e mediando o confronto entre as concepções previas e os conceitos científicos

sobre o tema. Apresentamos a seguir uma descrição de observações efetuadas pelo professor durante a execução da atividade para cada questão do teste.

Questão 1: A partir da simulação os alunos facilmente visualizaram que a resposta correta é que as três lâmpadas brilho iguais. Neste caso, lembramos que no pré-teste 5 alunos haviam respondido de forma errada sobre as lâmpadas.

Questão 2: Quando montaram o circuito ficou claramente representado que o brilho das lâmpadas é o mesmo. Questionando os 4 alunos que haviam errado a questão no teste SMAR, estes comentaram da dificuldade de enxergar isso somente com a teoria, afirmando que a montagem do circuito no simulador facilita a observação.

Questão 3: Nesta questão os alunos conseguiram observar que a lâmpada L2 brilha mais do que a L1, devido à resistência ligada em série com esta. No teste SMAR tivemos 8 erros nas respostas dos alunos. Quando questionados eles declararam ainda não conseguir explicar como a resistência poderia diminuir a intensidade de brilho da lâmpada.

Questão 4: Os alunos puderam observar no simulador que quando a chave está aberta as duas lâmpadas brilham igualmente e ao fechar a mesma a lâmpada conectada em paralelo com a chave desliga. Questionando os alunos observamos que como houve 9 erros a ideia de

resistência ainda não está clara. Isto ressalta a importância de colocar em prática este conceito para esclarecer e tirar dúvidas. Para isso o simulador ajudou muito, pois os alunos observaram as mudanças no fluxo da corrente quando alteramos o circuito, fortalecendo o conceito de resistência e circuito.

Questão 5: Neste caso os alunos notaram logo que, indiferente da posição da resistência, as lâmpadas possuem a mesma intensidade luminosa. Essa simulação fortaleceu o conceito de elementos em série no circuito entre os alunos, bem como contribui com a discussão sobre o (não) consumo de corrente pelos dispositivos.

Questão 6: Quando começaram a realizar a simulação, os alunos logo lembraram do caso da questão 4 e comentaram que a lâmpada iria apagar, e confirmaram essa hipótese através da simulação. Apesar dos erros no questionário de conhecimento prévios, logo conseguiram identificar o que acontece no circuito, relacionando com situações similares já vistas. De forma simplificada, podemos dizer que esse é um indício de que houve uma aprendizagem significativa.

Nas respostas que os alunos apresentaram à parte qualitativa, é possível perceber que as observações feitas vão de encontro aos conceitos que a ação didática pretende abordar. Abaixo, citamos alguns exemplos destas descrições qualitativas.

Quadro 6– Amostra de respostas qualitativas dos estudantes ao questionário SMAR

Questão 1: Ao serem instigados a observar o circuito quando a tensão da fonte é aumentada:	<i>"Aumentou a circulação de corrente com o aumento da tensão. Colocando 100 Volts as lâmpadas brilham muito mais, os portadores de movimentam mais rápido. Ao inverter a polarização os portadores também mudam de sentido. As lâmpadas brilham como antes (mais com mais tensão)."</i> <i>"Aumenta a corrente com o aumento da carga. As lâmpadas brilham mais, a corrente circula mais rápido. Ao inverter a polaridade a corrente muda de sentido, as lâmpadas brilham como antes, iguais."</i>
Questão 2: Ao serem questionados sobre o efeito do aumento da resistência sobre o brilho das lâmpadas:	<i>"aumentando a resistência no circuito o brilho das lâmpadas diminui. A velocidade dos portadores diminui conforme for aumentando a resistência."</i> <i>"Com o aumento da resistência no circuito, as lâmpadas diminuem o brilho, a velocidade também diminui conforme for aumentando a resistência."</i>
Questão 3: ao serem questionados sobre o efeito do aumento da resistência sobre o brilho das lâmpadas:	<i>"Com o aumento da resistência o brilho diminui. No ramo da L2 os portadores vão mais devagar e a lâmpada brilha menos. No ramo onde não tem resistência os portadores vão o dobro mais rápido e a lâmpada brilha mais. Com o aumento de R os portadores são mais lentos."</i>
Questão 4: ao serem questionados sobre o efeito do acionamento do interruptor sobre o brilho das lâmpadas:	<i>"Os portadores não se movimentam onde tem a chave aberta. As lâmpadas brilham iguais. A lâmpada L2 apaga com a chave fechada. Os portadores passam pela chave e vão mais rápido. O brilho da lâmpada L1 aumenta e diminui conforme movimentamos a chave. L2 acende e apaga conforme abrimos e fechamos a chave."</i>

Fonte: Dados dos autores.

Embora não sejam tratados diretamente nesse texto, as justificativas apresentadas pelos alunos podem ser avaliadas na busca por indícios de que houve aprendizagem significativa como, a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis, a extensão, elaboração ou qualificação de conceitos, o estabelecimento de interações entre conceitos, a demonstração de detalhes e especificidades, a diferenciação entre conceitos novos e ideias já estabelecidas e a aquisição de novos significados.

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho apresentamos uma Sequência Didática que permite o ensino de conceitos eletricidade a partir das concepções prévias dos estudantes sobre o comportamento de circuitos simples de corrente contínua e relatamos a aplicação da SD em uma turma do

terceiro ano do ensino médio de uma escola pública. Como a SD utiliza ferramentas facilmente acessíveis pode ser facilmente replicada em condições de sala de aula.

O desenvolvimento das atividades previstas na SD, com ênfase nos conceitos físicos e não na expressão quantitativa das grandezas, induz o confronto entre as ideias provenientes dos conhecimentos prévios dos estudantes e o conhecimento científico evidenciado pelas simulações, o que proporciona a oportunidade para que o professor, agindo como mediador deste embate, contribua para o rompimento das concepções prévias em favor do conhecimento científico.

De maneira geral, as respostas dadas pelos alunos às questões tratadas na SD apresentam caráter essencialmente descritivo dos fenômenos observados durante a simulação. Neste sentido, nossas observações sobre o andamento das atividades indicam a necessidade da interferência do professor a fim de que essa descrição possa evoluir assumindo um caráter interpretativo, reforçando a interação deste conhecimento observacional com os conceitos relevantes que se pretende ensinar.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, F. A. L. de, et al. Recorrência de concepções alternativas sobre corrente elétrica em circuitos simples. **Rev. Bras. Ensino Fís.** v. 40, e3406, 2018
- CRESPO, Miguel Ángel Gómez; POZO, Juan Ignacio. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências:** do Conhecimento Cotidiano ao

Conhecimento Científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

GRAVINA, M. H.; BUCHWEITZ, B. Mudanças nas concepções alternativas de estudantes relacionadas com eletricidade. **Rev. Bras. Ens. Fís.** v. 16, p.110-119,1994.

LABURÚ, Carlos Eduardo; PACCA, Jesuína Lopes de Almeida. Estudo de circuitos elétricos por meio de desenhos dos alunos: uma estratégia pedagógica para explicitar as dificuldades conceituais. **Cad. Bras. Ens.Fís.**, v. 26, p.24-47,2009.

MOREIRA, M.A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, ed. Ampliada. 2011

PhET, Projeto PhET Simulações Interativas, Universidade de Colorado Boulder, https://phet.colorado.edu/pt_BR/. Consultado em 24 de junho de 2020.

SHIPSTONE D. M. et al. A study of students' understanding of electricity in five European countries, **Int. J. Sci. Edu.** Vol 10, 303-316, 1988

SOLANO, F. et al . **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 24, p. 460-470, 2002

SILVEIRA F.L., MOREIRA M.A., AXT R., Validação de um teste para verificar se aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples, **Cienc. Cult.** **41**, 1129 (1989).

SILVEIRA F.L. Um teste para verificar se o respondente possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples, *In Física no ensino médio: falhas e soluções*. Org: Rocha Filho, J. B. Porto Alegre: Edipucrs, p. 61-67, 2011