

APLICAÇÃO PILOTO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE MEDIDAS DE DISTÂNCIAS EM ASTRONOMIA PARA ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO

PILOT APPLICATION OF A DIDACTIC SEQUENCE ON DISTANCES MEASUREMENTS IN ASTRONOMY FOR HIGH SCHOOL STUDENTS

Carlos Augusto Ferreira¹, Sérgio Mascarello Bisch²

¹ Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física/UFES, prof.siry@gmail.com

² Departamento de Física e PPGEnFis/UFES, sergiobisch@gmail.com

Resumo: Nos últimos anos, temos percebido um interesse muito grande, por parte dos estudantes do Ensino Médio, por assuntos ligados à Astronomia. Notícias sobre buracos negros, supernovas, exoplanetas são cada vez mais lidos pelos jovens alunos. Podemos destacar também que as grandes distâncias que nos separam de outras galáxias e a possibilidade de viagens até mundos ainda desconhecidos pelo homem vêm mexendo com a imaginação de nossos jovens em idade escolar. Com o intuito de aproveitar e explorar este interesse dos alunos em benefício do ensino de ciências, nós elaboramos uma sequência didática sobre medidas de distâncias em Astronomia, que explora os aspectos interdisciplinares entre a Matemática, a Física e a Astronomia, tendo como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) proposta por David Ausubel. Neste trabalho relatamos a experiência da aplicação piloto desta sequência didática no Centro Estadual do Ensino Médio em Tempo Integral São Pedro, escola da rede pública localizada em Vitória, ES. Antes da aplicação, com o intuito de efetuar um levantamento de concepções iniciais acerca de alguns conceitos básicos a serem trabalhados, os estudantes responderam a um questionário sobre medidas de ângulos, trigonometria, unidades de medida de comprimento e de tempo, ondas, ano-luz e acerca de alguns objetos astronômicos, como planetas e estrelas. Ao final, o mesmo questionário foi reaplicado com o objetivo de avaliar uma esperada aprendizagem acerca destes conceitos por parte dos estudantes participantes. A análise das respostas aos questionários evidenciaram alguns indícios de aprendizagem, mas também apontam para o fato de que a sequência e sua metodologia necessitam ser aperfeiçoadas, devendo ser ministrada com mais tempo, menos aulas expositivas e tomando maior cuidado em só abordar o tópico seguinte quando os conceitos necessários, os “subsunçores” na linguagem da TAS, já estiverem presentes e suficientemente desenvolvidos, o que se buscará cumprir em futuras aplicações.

Palavras-chave: medidas de distâncias; Astronomia; sequência didática; Aprendizagem Significativa.

Abstract: In the last years, we have noticed a very great interest by students of High School on subjects connected to Astronomy. News about black holes, supernovae, exoplanets are increasingly read by young students. We can also point out that the great distances that separate us from other galaxies and the possibility of travels to worlds still unknown have been stirring the imagination of our school-aged youth. In order to take advantage of and explore this interest of the students in benefit of science teaching, we elaborated a didactic sequence on measures of distances in Astronomy, that explores the interdisciplinary aspects between Mathematics, Physics and Astronomy, having as theoretical reference the Theory of Meaningful Learning, proposed by David Ausubel. In this work we report the experience of the pilot application of this didactic sequence in the Centro Estadual do Ensino Médio em Tempo Integral São Pedro, a public school located in Vitória, ES. Before the application, with the intention to carry out a survey of initial conceptions about some basic concepts to be worked on, the students answered a questionnaire on measures of angles, trigonometry,

units of measurement of length and time, waves, light-year and about some astronomical objects. At the end, the same questionnaire was reapplied with the objective of evaluating an expected learning about these concepts by the participating students. The analysis of the answers to the questionnaires demonstrated some evidence of learning, but also point to the fact that the sequence and its methodology need to be improved, should be given more time, fewer lectures and greater care should be taken only to approach the next topic when the necessary concepts, the "subsumptions" in the Theory of Meaningful Learning language, are already present and sufficiently developed, which will be sought to be fulfilled in future applications.

Keywords: measures of distances; Astronomy; didactic sequence; Meaningful Learning.

INTRODUÇÃO

No artigo “Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio”, o professor André Luiz Delvas Fróes (2014) destaca que temas relacionados à Astronomia, Astrofísica e Cosmologia são considerados de grande interesse por jovens em idade escolar. Cabe aos professores que ensinam disciplinas como Matemática, Física e Química, criarem estratégias de ensino que explorem esta atração natural que os estudantes demonstram por assuntos que despertam a sua curiosidade. O que são buracos negros? O que é uma supernova? Como surgiu o universo? Como podemos medir o seu tamanho? Estas são algumas das perguntas que os alunos costumam fazer, nos mais diversos momentos de aprendizagem. A busca por novos planetas com as mínimas condições para a existência de vida e a descoberta das ondas gravitacionais, que rendeu o prêmio Nobel de Física do ano que passou, foram as atualidades mais discutidas pelos jovens amantes das ciências, ao longo de 2017. O surgimento da internet, a evolução ocorrida nos meios de comunicação, a velocidade com a qual a informação passou a chegar até nós e a disponibilidade de documentários científicos a respeito dos mais variados assuntos criou um tipo de aluno inquieto, hiperativo, curioso e que não se satisfaz com as metodologias tradicionais de ensino centradas no professor, no quadro e no giz, onde o aluno é apenas um ouvinte que não participa de forma crítica do processo.

Um dos fatores que dificulta a implantação de novas metodologias de ensino é a inflexibilidade dos currículos do Ensino Médio, muito voltados para o ENEM, principalmente nas redes particulares de ensino. Algumas mudanças nesta área se fazem necessárias para que os temas, mencionados anteriormente, possam ser discutidos em sala de aula, sem prejuízo dos assuntos essenciais à entrada do estudante na universidade. É necessário criar-se um mecanismo de ensino que privilegie assuntos mais atuais e os insiram nos conteúdos programáticos do Ensino Médio, explorando a interdisciplinaridade existente entre as mais diversas disciplinas. A sequência didática apresentada neste trabalho explora a Matemática, a Física e a Astronomia, dentro deste contexto.

No estudo da Astronomia, um dos problemas que mais desafiaram os cientistas ao longo dos séculos, foi a descoberta de métodos que permitissem medir as distâncias que nos separam dos demais objetos existentes no Universo – informação essencial para desvendar qual é a sua estrutura espacial, qual é o tamanho do Universo e qual é a nossa posição dentro dele. As medidas das distâncias astronômicas não podem ser feitas diretamente. É necessário criar técnicas que permitam efetuar estas medidas de maneira indireta. Um dos primeiros sábios a apresentar ao mundo uma técnica indireta para medir o tamanho de um astro foi o grego Eratóstenes (276-194 a. C.), bibliotecário da famosa biblioteca de

Alexandria, que conseguiu medir o raio do nosso planeta. Aristarco de Samos (310-230 a.C.), outro sábio grego, também deu uma grande contribuição ao estimar a proporção entre os tamanhos da Terra e da Lua e entre as distâncias da Terra ao Sol e da Terra à Lua. Quais foram as ferramentas que estes cientistas usaram em seus trabalhos? É claro que foi a Matemática, e, dentro da mesma, princípios elementares de geometria e trigonometria, sem os quais eles não obteriam êxito. Então, por que não usar estas técnicas em sala de aula para introduzir e exemplificar a aplicação de assuntos como razões trigonométricas, ângulos e comprimentos de arco na circunferência? A abordagem histórica dessas técnicas serviria como estudo de caso e tornaria a aula muito mais atrativa. É muito comum o aluno do Ensino Médio formular perguntas do tipo: “Onde vou aplicar estes cálculos em minha vida?”. Percebemos que a Matemática em geral ensinada está desconectada do mundo real no qual o aluno está inserido. Esta separação entre teoria e prática acaba desestimulando aqueles estudantes que não irão lidar diretamente com a resolução de problemas matemáticos na área profissional pretendida. A sequência didática que propomos neste trabalho busca utilizar a interdisciplinaridade existente entre a Matemática, a Física e a Astronomia para despertar e estimular o interesse do estudante pela ciência, abordando e aplicando conceitos matemáticos e físicos a questões relevantes e desafiadoras postas pela Astronomia, como a determinação da estrutura do Universo e de nossa posição dentro dele.

O REFERENCIAL TEÓRICO

A sequência didática que elaboramos tem como um de seus objetivos explorar os aspectos cognitivos da aprendizagem de medidas de distâncias em Astronomia. A aprendizagem cognitiva é aquela que resulta no armazenamento organizado de informações na mente do aprendiz. Essa estrutura hierárquica de informações é conhecida como estrutura cognitiva. A aplicação da sequência aqui proposta se inicia com a apresentação de conceitos mais gerais relacionados com as unidades das medidas usadas em Astronomia, passando, em seguida, a conceitos mais específicos, que se relacionam com as técnicas de medidas propriamente ditas, enfatizando o aspecto cognitivo da aprendizagem. Tendo isso em vista, escolhemos como referencial teórico, para a elaboração e aplicação de nossa proposta, a Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David P. Ausubel (2003), que parece adequada aos objetivos de promoção de aprendizagem de nossa proposta.

Para Ausubel, aprender é sinônimo de organizar e integrar o material de aprendizagem na estrutura cognitiva do aprendiz. Para ele, o aspecto mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Seguindo este princípio, o primeiro ato da aplicação desta sequência didática foi identificar aquilo que o aluno já sabia, por meio da aplicação de um questionário, antes que fosse ministrada a instrução.

Esse questionário foi construído a partir dos pré-requisitos que o estudante precisa possuir em sua estrutura cognitiva para uma boa assimilação do material proposto. O conhecimento específico existente na estrutura cognitiva do indivíduo é definido por Ausubel como “conceito subsunçor”, ou simplesmente “subsunçor”. Se vamos, por exemplo, ensinar ao aluno o conceito de energia cinética, é necessário que o aluno já tenha, em sua estrutura cognitiva, o conceito mais geral de energia, sem o qual a assimilação do conceito de energia cinética não ocorreria ou não teria

significado para o aluno. Razões trigonométricas no triângulo retângulo, operações no sistema sexagesimal, logaritmos, o conceito de ondas e o efeito Doppler são alguns dos conhecimentos prévios que o aprendiz precisa possuir em sua estrutura cognitiva para melhor se confrontar com o material de estudo, relativo a medidas de distâncias em Astronomia, que será apresentado.

Vale a pena acrescentar que, no processo de aprendizagem significativa de Ausubel, a modificação do conceito subsunçor é chamada de diferenciação progressiva e, quando idéias preestabelecidas na estrutura cognitiva são reconhecidas como relacionadas, fazendo com que elementos preexistentes se reorganizem e adquiram novos significados, dizemos que ocorreu uma reconciliação integradora.

Destacamos duas condições para que ocorra uma aprendizagem significativa. Em primeiro lugar, o material apresentado ao aprendiz precisa ser relacionável ou incorporável à estrutura cognitiva. Um material com esta característica é chamado de “potencialmente significativo”. Em segundo lugar, o aluno precisa querer aprender, ou seja, ele precisa mostrar disposição para relacionar o novo material, potencialmente significativo, com a sua estrutura cognitiva.

Neste ponto, uma pergunta se faz necessária: O que fazer quando os conceitos subsunçores não existem na estrutura cognitiva do aprendiz? Como podemos formar estes subsunçores? Para isso, o processo de aprendizagem significativa prevê o uso de organizadores avançados. Organizadores avançados, também chamados de “organizadores prévios” (MOREIRA, 2008), são materiais introdutórios apresentados aos alunos antes do material a ser aprendido em si. Estes organizadores são pontes cognitivas entre aquilo que o indivíduo já sabe e aquilo que ele precisa aprender. Na sequência didática apresentada neste trabalho, foram colocados um vídeo e textos introdutórios antes de cada aula da unidade de ensino proposta, com este intuito, de servirem como organizadores prévios.

APLICAÇÃO PILOTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática sobre medidas de distâncias em Astronomia, que, utilizando a linguagem da TAS, também pode ser denominada de “Unidade de Ensino Potencialmente Significativa” (UEPS) (MOREIRA, acesso em 10 nov. 2017), foi aplicada no Centro Estadual de Ensino Médio em Tempo Integral São Pedro, localizado no bairro Inhaguetá, na Grande Vitória, ES. Esta escola de horário integral possui período letivo cuja duração diária é de 9 horas e 30 minutos, com refeições incluídas (almoço e lanche). Nesse espaço de tempo, além das disciplinas obrigatórias, os estudantes podem escolher matérias optativas, como música, teatro, cinema, empreendedorismo e fotografia. A sequência didática foi aplicada como parte de uma disciplina chamada “Astronomia”. Esta disciplina eletiva pode ser cursada por qualquer aluno de uma das três séries do Ensino Médio. Foram realizados quatro encontros com duas aulas de 50 minutos em cada um deles. A seguir, apresentamos um resumo daquilo que foi desenvolvido em cada encontro.

Primeiro Encontro

Este encontro, foi dedicado a uma abordagem histórica dos métodos usados por Eratóstenes para a determinação do raio da Terra e por Aristarco de Samos para encontrar a distância da Terra à Lua e da Terra ao Sol.

Nos primeiros 20 minutos de aula, foi aplicado um questionário Q1, composto por 13 questões, com o intuito de diagnosticar os subsunçores disponíveis para a ancoragem dos novos conceitos a serem introduzidos pela sequência didática. Encerrados os 20 minutos, foi passado um vídeo inspirado no clássico *Powers of Ten* (EAMES; EAMES, 1977) para que o aluno meditasse sobre o tamanho do nosso universo. Esse vídeo mostra, em uma escala logarítmica, o tamanho do universo, tema desta UEPS, passando do nosso planeta para o sistema solar, daí para as galáxias, para os aglomerados de galáxias e assim sucessivamente, distanciando-se no espaço até 10 bilhões de anos-luz, dando ao estudante, uma noção da estrutura e imensidão do nosso Universo.

Em seguida, foi lido um texto introdutório aos assuntos, já buscando constituir uma ponte cognitiva entre aquilo que o aluno já sabe e os novos conceitos que seriam abordados neste encontro. O texto falava das unidades parsec, ano-luz e UA (unidade astronômica). Depois, foi apresentado o método de Eratóstenes, usado para encontrar o raio da Terra. O passo seguinte foi expor os métodos de Aristarco de Samos para determinação das distâncias da Terra à Lua e da Terra ao Sol.

Segundo Encontro

Este encontro foi iniciado com a discussão do conceito de paralaxe. Usamos a técnica de mirar o dedo indicador colocado na direção do nariz. Foi pedido aos alunos que fizessem o mesmo e fechassem, alternadamente, o olho direito e, em seguida, o olho esquerdo para que pudessem perceber o deslocamento aparente do dedo. Após a fixação do conceito de paralaxe, passou-se a mostrar ao aluno, que a distância entre a Terra e um astro, pode ser encontrada pelo método da triangulação, através da expressão $d = 1/p$, desde que se conheça a paralaxe heliocêntrica deste astro e sendo a distância d medida em parsecs.

A parte final do segundo encontro foi dedicada ao conceito de magnitude e da classificação estabelecida por Hiparco (190 a.C. – 120 a.C.) em seu sistema de magnitudes, que vai de 1 a 6. Fechou-se o encontro apresentando os conceitos de luminosidade e fluxo de luz, onde é importante destacar que o fluxo luminoso diminui com o quadrado da distância.

Terceiro Encontro

O terceiro encontro começou com a resolução do seguinte problema: Qual é a magnitude aparente de uma estrela dez vezes menos brilhante que *Vega*? Antes de resolver o problema, é apresentado o conceito de magnitude aparente “m”. Aplica-se as propriedades dos logaritmos para encontrar o valor de m. Este momento do encontro é encerrado com os conceitos de magnitude absoluta (M) e módulo de distância, importantíssimos para a técnica que viria a seguir: o uso das variáveis cefeidas como “velas padrões” pra medir distâncias. O método de medida de distâncias por meio das variáveis cefeidas foi essencial para se determinar, pela primeira vez, as distâncias até as Nuvens de Magalhães e à Galáxia de Andrômeda, o que provou serem elas outras galáxias, separadas da nossa Via-Láctea.

Quarto Encontro

O último encontro da sequência foi dedicado ao estudo da expansão do universo e da Lei de Hubble, começando por uma revisão do conceito de onda e sobre o efeito Doppler, tanto para o som quanto para ondas eletromagnéticas. A

técnica desenvolvida por Hubble tornou-se muito útil para determinar as distâncias até as galáxias a partir de estimativas das velocidades de afastamento, com base no efeito Doppler.

ANÁLISE DAS RESPOSTAS AOS DOIS QUESTIONÁRIOS APLICADOS

O objetivo do primeiro questionário (Q1) foi diagnosticar quais eram os subsunçores relevantes que estavam disponíveis na estrutura cognitiva dos alunos avaliados. Colhidas estas concepções prévias, passamos a seguir uma orientação do próprio Ausubel (2003): “descubra o que o aluno já sabe e ensine-o de acordo”. A aplicação do segundo questionário (Q2), igual ao primeiro, por sua vez, teve como objetivo avaliar se houve uma esperada evolução e aprendizagem de alguns dos conceitos abordados no questionário e trabalhados durante a sequência didática. Ao todo, 22 estudantes responderam aos dois questionários e tiveram suas respostas analisadas.

Cabe ressaltar aqui que os dados colhidos por meio do questionário após os encontros não deveriam ser os últimos desta aplicação piloto da sequência. Estava previsto um complemento através da análise das respostas dadas pelos alunos em uma entrevista que seria realizada no ambiente da própria escola onde a UEPS foi aplicada. Contudo, o encerramento do ano letivo de 2017 e as obras realizadas na escola, que foram iniciadas logo após a intervenção, impediram a realização da entrevista. A não realização de uma entrevista após a aplicação da sequência didática impediu uma análise mais ampla e profunda a respeito do objetivo da pesquisa com relação à aprendizagem. Se realizada, essa assumiria um papel bastante relevante na avaliação de que houve, ou não, uma aprendizagem significativa após a aplicação desta UEPS.

A nossa expectativa era que o aluno evoluísse em relação aos conhecimentos demonstrados previamente, na primeira avaliação. Ao analisar as respostas da segunda avaliação, percebemos alguns progressos, mas também que, infelizmente, com relação a alguns dos conceitos básicos trabalhados, isto não ocorreu, indicando que a metodologia aplicada precisa ser aprimorada.

Passamos então aos comentários sobre algumas das questões onde foi possível perceber avanços em termos de aprendizagem e outras em que isso não aconteceu.

Questão 1: Quantos graus possui uma circunferência? E quantos radianos?

O objetivo desta questão era verificar se o aluno conhecia as unidades de medida de ângulo, muito úteis para a compreensão da unidade parsec.

De acordo com as respostas dadas à primeira parte da questão, constatamos que a grande maioria dos alunos avaliados demonstrou já conhecer, previamente, o fato de que uma circunferência possui 360° , sendo que, após a aplicação da UEPS, o número de respostas corretas foi ainda um pouco maior. Contudo, quanto à segunda parte da questão, que perguntava sobre a medida da circunferência em radianos, o resultado foi bem diferente, conforme pode ser percebido no Gráfico 1:

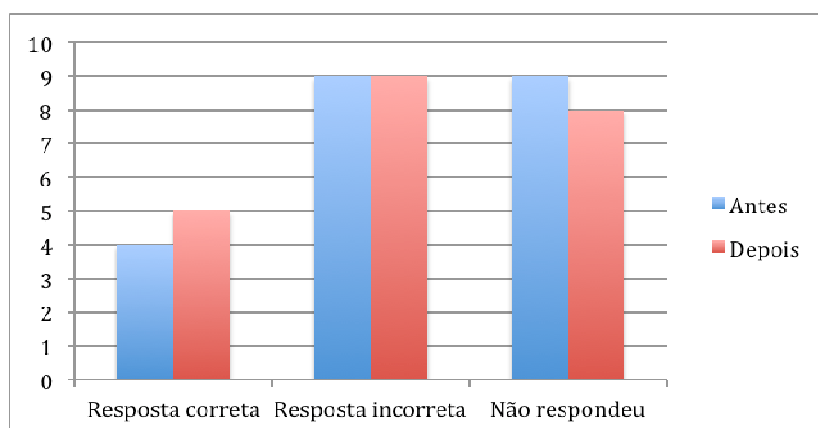


Gráfico 1: *Frequência de respostas corretas, respostas incorretas e ausência de resposta ao item, da questão 1, que perguntava sobre quantos radianos possui um circunferência.*

O resultado expresso no Gráfico 1 parece evidenciar que a maioria dos estudantes desconhecia o que seria uma medida da circunferência em radianos, pois muitos sequer responderam à pergunta, e, dos que responderam, a maioria deu respostas incorretas, sendo que isso ocorreu tanto antes, quanto depois da aplicação da sequência.

Esse resultado indica, por um lado, que o conceito de medida de ângulos em radianos é pouco familiar aos estudantes e precisa ser melhor trabalhado no Ensino Médio, e, por outro lado, que a UEPS não foi nada efetiva quanto a conseguir promover uma aprendizagem a respeito, necessitando ser aprimorada neste aspecto, já que esse conceito é importante para uma boa compreensão de um dos métodos mais básicos de medida de distâncias em Astronomia – o método da paralaxe.

Questão 5: Cite três unidades da grandeza comprimento.

O objetivo, ao colocar esta pergunta na avaliação, foi verificar uma eventual mudança e maior diferenciação no universo de unidades da grandeza comprimento existente na estrutura cognitiva destes alunos. Era esperado o surgimento de elementos novos na resposta à avaliação final, já que, durante a intervenção, seriam mencionadas unidades até então desconhecidas por parte dos alunos avaliados. Ao citar as unidades "parsec", "UA" e "ano-luz", o estudante estaria dando um indicativo de que elementos novos, mais específicos, haviam se ligado ao conceito mais geral e inclusivo de "unidade de medida de comprimento" e a unidades mais frequentemente utilizadas, como o "metro". Este enriquecimento que ocorre no conceito subsunção é aquilo que Ausubel chama de diferenciação progressiva. Esta diferenciação parece ter ocorrido com oito dos alunos avaliados, que, no questionário final, citaram unidades como o parsec, o ano-luz e a UA (unidade astronômica). A grande maioria demonstrou conhecer unidades mais comumente usadas, como metro, centímetro e decímetro, mas apenas aqueles oito alunos, evidenciaram ter ocorrido um enriquecimento do universo de unidades presentes em suas estruturas cognitivas, citando novas unidades trabalhadas durante a sequência.

Questão 7: O que você entende por uma onda? Cite dois exemplos?

Antes da exposição do tema "Expansão do Universo e a Lei de Hubble", era necessário diagnosticar o conhecimento dos alunos a respeito do efeito Doppler,

tanto para o som, quanto para o espectro eletromagnético, essenciais para a compreensão do desvio para o vermelho que ocorre na expansão das galáxias, também chamado de *redshift*. Este fato justifica a elaboração de uma questão que explorava o conceito de onda.

As respostas mais frequentes à primeira parte da pergunta foram classificadas em três categorias: as que se referem ao fato de uma onda transportar energia, de que uma onda corresponde a uma perturbação em um meio e a de que ela é algo que apresenta vales e cristas. No Gráfico 2 são apresentadas as frequências desses tipos de respostas, antes e depois da intervenção. Chama a atenção o fato de que, no questionário inicial, a maioria (13 alunos) simplesmente não respondeu a esse primeiro item, sobre o que seria uma onda, o que parece indicar pouco conhecimento inicial sobre as características de uma onda, ou uma grande dificuldade de os estudantes expressarem suas concepções a respeito. Mesmo após a intervenção, 6 alunos ainda continuaram sem dar resposta, indicando que este é um tema que merece ser bem trabalhado durante a sequência.

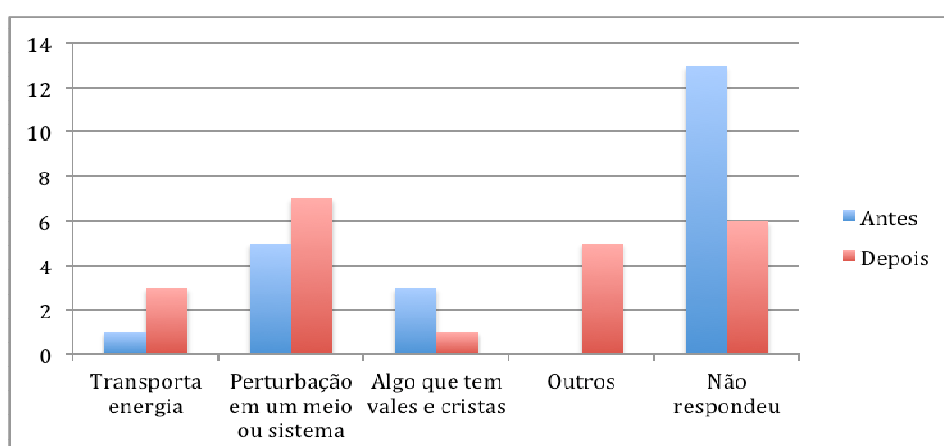


Gráfico 2: Frequência de respostas à primeira parte da questão 7, que perguntava sobre o que seria uma onda.

As respostas à segunda parte da questão corroboram essa impressão. Como pode ser observado no Gráfico 3, novamente, no questionário inicial, mais de metade da turma (12 alunos) não deu resposta a esse item que pedia exemplos de ondas, e, mesmo após a intervenção, 6 alunos ainda continuaram sem responder, o que, mais uma vez, parece indicar o pouco conhecimento inicial dos alunos a respeito das ondas, que é um tema de grande importância para o entendimento de obtenção de dados astronômicos.

Contudo, também é possível perceber, nos gráficos 2 e 3, que a participação nos encontros do projeto conseguiu promover uma evolução nas concepções de boa parte dos estudantes. Cerca de metade dos que não haviam dado qualquer resposta ao questionário inicial, passaram a dar respostas, mesmo que ainda parciais, ao final. Em alguns casos, a mudança foi bem significativa, como no caso do aluno A3, cuja resposta inicial à questão 7 foi apenas:

“A3: É a perturbação de um sistema.”

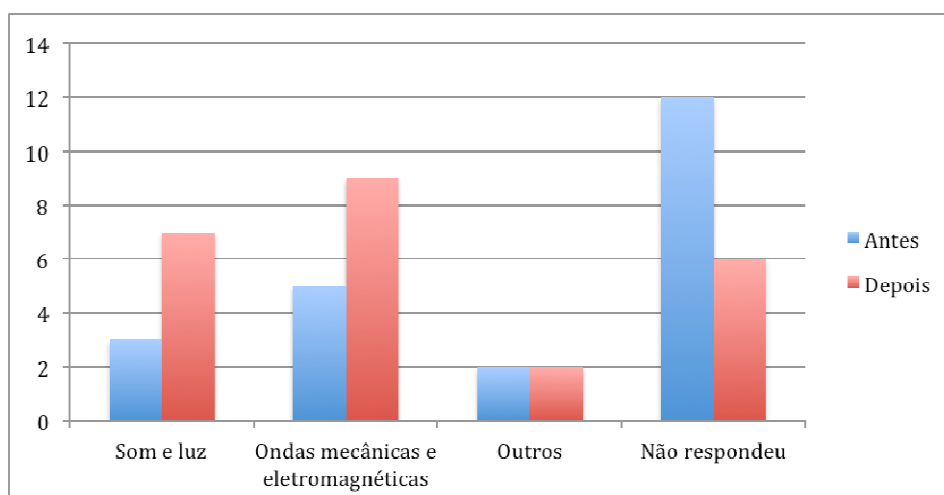


Gráfico 3: Frequência de respostas à segunda parte da questão 7, que pedia dois exemplos de ondas.

Na qual a onda é caracterizada apenas como uma perturbação em um sistema, sem outros atributos, e não é dado nenhum exemplo. Já sua resposta ao questionário final, partindo do que foi dito no inicial, torna-se muito mais completa e elaborada, com várias outras características das ondas sendo especificadas e sendo dados exemplos:

“A3: É a perturbação em um meio. Onda mecânica: precisa de um meio material para se propagar. Ex: ondas sonoras e ondas em uma corda. Ondas eletromagnéticas não precisam de um meio material para se propagar. Ex: luz e ondas de rádio.”

O caso acima parece ser um bom exemplo do processo que Ausubel denomina de “diferenciação progressiva” dos conceitos, quando novos atributos são associados e ancorados ao conceito subsunçor original e ele vai se transformando, tornando-se mais elaborado e inclusivo.

É interessante notar, também, que as duas primeiras categorias de respostas, tanto à primeira como à segunda parte da pergunta, não são excludentes, embora as respostas dos estudantes tenham sido classificadas em apenas uma delas. Isso aconteceu sobretudo nas respostas ao questionário final, quando os alunos, em geral, passaram a apresentar respostas um pouco mais elaboradas, a descrever mais características das ondas e a detalhar mais os exemplos, como no caso do aluno A2, cuja resposta inicial foi: *“Uma onda é uma perturbação que se propaga por um meio. Ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas.”*, e cuja resposta final foi: *“Uma perturbação que se propaga por um meio e transporta apenas energia. Mecânica (som) e eletromagnética (luz)”*, onde a onda é caracterizada tanto como perturbação que se propaga, mas também como transportadora apenas de energia (parecendo ficar subentendido *“e não de matéria”*) e exemplificada por meio tanto de sua classificação geral, ondas mecânicas e eletromagnéticas, como também por meio de tipos específicos, som e luz. Novamente, neste caso, parece se evidenciar o processo da diferenciação progressiva.

CONCLUSÕES

A pergunta que desejaríamos responder, após a análise das respostas dadas às treze questões aplicadas no questionário Q1 e repetidas no questionário

Q2, é: A UEPS foi, ou não, capaz de proporcionar aos alunos uma aprendizagem significativa?

Contudo, as informações colhidas por meio dos questionários não foram suficientes para que pudéssemos afirmar, de maneira geral ou categórica, se houve, ou não, uma aprendizagem significativa. A metodologia de coleta de dados deve ser aperfeiçoada em futuras aplicações desta UEPS. Um aperfeiçoamento seria a realização de uma entrevista com os alunos. Uma conversa particular com cada um, ou com pequenos grupos de alunos, possivelmente permitiria uma melhor avaliação quanto aos conceitos com relação aos quais houve, ou não, uma aprendizagem significativa.

Porém, é possível dizer que foi detectado vários indícios de que pode ter havido uma aprendizagem com essa característica, como, por exemplo, com relação ao conceito de onda, abordado na questão 7, cujos resultados foram discutidos na seção anterior.

De um modo geral, é importante destacar os pontos positivos da aplicação piloto da sequência didática. A receptividade por parte dos alunos, o interesse que a maioria demonstrou pelos assuntos apresentados, a existência de um aluno do terceiro ano que teve o seu desejo de tornar-se um físico reforçado ao debruçar-se sobre o material de estudos deste projeto, e a oportunidade que tivemos de testar e aperfeiçoar parte do material utilizado, proveniente de um texto paradidático no qual vimos trabalhando nestes últimos anos.

Como pontos negativos desta aplicação, destacamos o fator esquecimento detectado nas respostas a algumas das questões do questionário Q2, o que mostra que a UEPS ainda carece de aperfeiçoamento em muitos de seus aspectos, principalmente naquilo que diz respeito aos subsunçores sem os quais o estudante não conseguirá apropriar-se das mais diversas técnicas para medir distâncias em Astronomia. A unidade radiano, a identificação dos elementos de um triângulo retângulo, o conceito de onda e ano-luz são alguns conteúdos que necessitam ser mais bem tratados em futuras aplicações desta UEPS. Destaco também que ao corrigir a avaliação Q1, fizemos um levantamento dos pontos que deveriam ser reforçados durante a intervenção. Porém, não foi dada a ênfase necessária a estes pontos durante a aplicação. Muito preocupados com o tempo disponível para concluir cada encontro, acabamos negligenciando esta ênfase.

Esta atitude acabou contribuindo em parte para a ocorrência do fator esquecimento, ocorrido durante a aplicação da avaliação Q2. Todos nós, quando vamos aplicar pela primeira vez um projeto, ainda não temos a experiência necessária, que só é adquirida após reaplicações. É com os erros que conseguimos alcançar resultados mais sólidos e consistentes em nossas atividades. Ausubel já havia alertado: “descubra aquilo que o aluno já sabe e ensine-o de acordo”. Em futuras aplicações, mesmo com a escassez de tempo, vale a pena deter-se nos subsunçores carentes na estrutura cognitiva dos alunos e só passar para o tópico seguinte quando este subsunçor estiver bem reforçado. Se tivesse seguido rigorosamente aquilo que Ausubel nos ensina, certamente não haveria alunos confundindo a unidade ano-luz, que é uma unidade para medir distâncias, com unidade de tempo ou de velocidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.

EAMES, Charles; EAMES, Ray. **Powers of Ten**. Vídeo. Produção e direção de Charles e Ray Eames, 1977. 9 min 1 s.

FRÓES, André Luís Delvas. Astronomia, astrofísica e cosmologia para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 36, n. 3, 3504, 2014.

MOREIRA, M. A. Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, vol. 7, nº 2, 2008. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/ORGANIZADORESport.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2017.

MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas**. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2017.