

As órbitas e o imageamento dos satélites de observação na concepção da Teoria da Aprendizagem Significativa

The orbits and imaging of observation satellites in the conception of the Theory of Meaningful Learning

Ednaldo Oliveira de Carvalho

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
ednaldo_carvalho@hotmail.com

Lídia Kellen Sousa Rocha Rodrigues

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
rodrigueskellenrocha@gmail.com

Iago Andrei S. Ferreira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
iagoandreisf92@gmail.com

Ruberley Rodrigues de Souza

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
ruberley.souza@ifg.edu.br

Resumo

Este trabalho trata-se de uma sequência didática planejada na concepção da Teoria de Aprendizagem Significativa, a qual utilizou uma maquete como recurso didático para o ensino da órbita de satélites e o imageamento da superfície terrestre feito por esses satélites. Essa maquete permitiu a visualização da composição do movimento orbital do satélite com a rotação da Terra durante o processo de imageamento. A sequência foi aplicada em uma turma de um curso técnico subsequente em Agrimensura noturno. Neste trabalho apresentaremos as análises da aplicação dessa sequência didática, bem como de alguns mapas conceituais elaborados pelos alunos. Esta análise nos permitiu inferir que o recurso didático utilizado contribuiu para o ensino e aprendizagem dos alunos, que perceberam que o imageamento de toda a superfície terrestre, por um satélite, somente é possível devido à combinação entre o movimento orbital do satélite e a rotação da Terra.

Palavras chave: aprendizagem significativa, imageamento, maquete, órbitas de satélite.

Abstract

This research is a didactic sequence planned in the design of the Theory of Meaningful Learning, which used a model as a didactic resource for the teaching of satellites' orbit and the

imaging of the Earth's surface, done via these satellites. This model allowed the visualization of the composition of the satellite's orbital movement with the Earth's rotation during the imaging process. The sequence was applied to a class of a subsequent technical course in surveying (night course). In this paper we will present the analysis of the application of this didactic sequence, as well as of some conceptual maps developed by the students. This analysis allowed us to infer that the didactic resource used contributed to the teaching and learning of the students, who realized that the imaging of the entire terrestrial surface, via satellite, is only possible due to the combination between the orbital movement of the satellite and the rotation of the Earth.

Key words: meaningful learning, imaging, model, satellite orbits.

Introdução

Os satélites são relativamente recentes na vida humana, remontando ao final da década de 1950, com o lançamento do Sputnik 1, pela antiga URSS (atual Rússia), e o Explorer 1, pelos Estados Unidos (SOUZA, 2003, p.7). A partir daí, houve um grande desenvolvimento na área de telecomunicações, com transmissões de imagem e som de forma quase instantânea, mesmo entre países de outros continentes. A navegação marítima e aérea também foi beneficiada, assegurando-se o estabelecimento de rotas confiáveis e seguras. Além disso, possibilitou também o fornecimento de imagens da superfície terrestre para diversos usos e aplicações.

Neste trabalho, nosso foco de estudo são os *satélites de observação*, que geram imagens da superfície da Terra, e que são de grande importância para os estudos e aplicações na área de agrimensura, tais como: mapeamento cadastral urbano e rural; definição de limites de reservas legal e permanente; levantamentos topográficos de áreas de difícil acesso; elaboração de laudos periciais de avaliação de imóveis rurais através do uso do solo; delimitação de áreas de bacias hidrográficas; definição de áreas de inundação de reservatório de usinas hidrelétricas; confecção de cartas imagem; elaboração de modelo digital de terreno; entre outras.

No entanto, como professor de um Curso Técnico em Agrimensura, temos observado algumas dificuldades dos alunos em compreender o processo de obtenção de imagens por satélite, que é feito por faixas de imageamento¹, propiciadas pela combinação do movimento orbital do satélite e a rotação da Terra. Para esses alunos, os satélites podem se deslocar no espaço de uma posição para outra, conforme as necessidades, semelhante aos movimentos de aviões e drones.

Diante desta problemática, surgiu-nos a seguinte questão de pesquisa: Como uma sequência didática, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa e contendo uma maquete que simula o movimento orbital de um satélite de observação e a rotação da Terra, pode contribuir para que alunos de um curso técnico em Agrimensura compreendam o processo de imageamento da superfície terrestre? Para responder a esta questão, construímos uma maquete representativa do movimento de um satélite, de órbita quase-polar, e de rotação da Terra, que, em conjunto com um material textual fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), pudesse contribuir para a compreensão dos alunos sobre o processo de geração de imagens das superfície da Terra. Optamos pela TAS por acreditar na importância de se levar em consideração os conhecimentos prévios dos alunos na construção de novos conhecimentos, e por considerar que esse material potencialmente significativo, aliado à predisposição do aluno

¹ Faixa de imageamento é uma região da superfície terrestre que o satélite visualiza durante sua órbita, e faz uma espécie de varredura. A largura dessa faixa varia conforme o satélite.

em aprender, proporciona aos alunos uma aprendizagem significativa (MOREIRA, 2006). Outra motivação que nos levaram a organizar essa Sequência Didática foi a inexistência de materiais, como artigos, livros, teses e dissertações, relacionados ao tema imagens de satélites e imageamento da superfície terrestre, que pudessem ser utilizados em cursos técnicos em Agrimensura ou de áreas afins.

Teoria da Aprendizagem Significativa

Desenvolvida por David Ausubel, a TAS tem como foco principal a valorização do conhecimento do aprendiz (aluno) e sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 2011). Estrutura esta que abrange todo o conhecimento de conceitos e ideias já existente na mente de um indivíduo, e que está relacionada ao seu mundo real. No contexto ausubeliano, tanto a aprendizagem significativa como a retenção de ideias e informações dependem, essencialmente, de uma estrutura cognitiva apropriada (ARAGÃO, 1976), ou seja, os novos conceitos precisam se apoiar numa estrutura de conhecimento já existente. Assim, o novo conhecimento obtém significado para o aprendiz e o conhecimento prévio, denominado de subsunçor ou ideia âncora, adquire novos significados, ficando mais rico, mais robusto e fortalecido, dando maior estabilidade a estrutura cognitiva do indivíduo e facilitando cada vez mais novas aprendizagens (MOREIRA, 2011). Esses subsunçores estão na estrutura cognitiva inter-relacionados e organizados hierarquicamente, mas não de forma fixa, pois ela altera sua posição conforme o campo de conhecimento necessário para interagir com o novo conhecimento. Portanto, “é uma estrutura dinâmica caracterizada por dois processos principais, a *diferenciação progressiva e a reconciliação integradora*” (MOREIRA, 2010, p.5, grifo do autor).

A diferenciação progressiva acontece quando um determinado subsunçor adquire novo significado, a partir de sua interação com um novo conhecimento. Podemos citar o exemplo do subsunçor “satélite”, que o aluno aprendeu, em estudos anteriores, que a Lua é um satélite natural da Terra e, posteriormente, toma consciência da existência de diversos tipos de satélites artificiais, construídos pelo homem. Nesse processo, àquele conceito único que o aluno tinha do satélite Lua foi atribuído mais significados, ancorando os conceitos relacionados a satélites artificiais e suas funções. Simultaneamente à diferenciação progressiva, ocorre a reconciliação integradora, ou integrativa, que consiste em “eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências e integrar significados, fazer superordenações” (MOREIRA, 2010, p.6). Um exemplo dessa reconciliação integradora consiste em compreender o motivo da velocidade de um satélite ter que ser maior quando este está mais próximo da superfície da Terra e menor quando está mais distante.

Moreira (2010) defende que existem duas condições principais para que ocorra a aprendizagem significativa: a primeira refere-se ao fato do material ser potencialmente significativo; e a segunda à predisposição do aprendiz em aprender. O motivo de se falar em material potencialmente significativo é porque não existe um material significativo, pois o significado não está no material e sim no aprendiz. Por outro lado, a predisposição em aprender está relacionada à necessidade de o aprendiz apresentar uma conduta proativa, ou seja, demonstrar interesse pela aprendizagem. Esta predisposição não está relacionada à sua motivação, ou ao gostar da matéria ou do conteúdo, mas a ele conseguir relacionar seus conhecimentos prévios aos novos conhecimentos.

Mas, como verificar a ocorrência de aprendizagem significativa? Um procedimento para isso é a utilização de mapas conceituais. Os mapas conceituais, propostos por Joseph Novak, são recursos gráficos, do tipo diagramas, que indicam relações entre conceitos através de palavras de ligações ou conectores. Em geral, os conceitos são organizados e dispostos dentro de figuras

geométricas, como retângulo, elipse e círculos, de forma a organizá-los e hierarquizá-los, conectando-os com linhas e setas. Essa hierarquia conceitual não é uma regra, mas é importante deixar claro quais são os conceitos mais importantes e quais os específicos, e o uso de setas, caso o faça, serve para reforçar o sentido da leitura da relação entre os conceitos (MOREIRA, 2012).

A utilização dos mapas conceituais, como instrumento avaliativo, não é um procedimento tradicional. Ao contrário, está mais voltada para avaliações do tipo qualitativa, nas quais servem para fazer com que os alunos externalizem como os conceitos estão organizados em sua estrutura cognitiva, ou seja, o que eles sabem sobre determinado tema (MOREIRA 2012). A espacialização dos conceitos, indo dos mais gerais para os secundários e específicos, em conjunto com as palavras de ligações, representa um forte indicador que o novo conhecimento se estruturou cognitivamente. Por outro lado, a apresentação oral dos mapas, por quem o elaborou, permite verificar a consistência de sua compreensão do tema.

A maquete

A maquete (Figura 1) foi construída para representar uma órbita quase polar, de altitude baixa, que é predominante dos satélites de observação. Para sua construção, utilizamos um globo terrestre de 30cm de diâmetro; um alfinete com cabeça esférica de 3mm de diâmetro, para representar o satélite; uma chapa de madeirite de 80x38cm; duas barras roscada (1/4”) de 1m de comprimento; seis porcas e seis arruelas de 1/4”; um tronco de pirâmide de madeira maciça de 15x8x10cm; e duas hastes retangulares de madeira de 2x4x31,5cm.

Figura 1: Foto da maquete que representa a órbita de um satélite em torno da Terra



Fonte: Elaboração do autor, 2019

Uma das barras roscada foi colocada no centro do globo como sendo seu eixo de rotação, e servindo como suporte. Utilizamos um tronco de pirâmide furado no centro com inclinação de 25,5°, pregado numa chapa de madeirite (base da maquete), para fixação do globo. A outra barra roscada foi curvada em 90 graus nos comprimentos de 20cm, 40cm, 60cm e 70cm, ficando no formato de uma manivela. Esta manivela foi acoplada à maquete, por meio de duas hastes de madeira, fixadas verticalmente na plataforma e distantes 10cm uma da outra. O alfinete foi colocado numa extremidade da manivela para representar o satélite.

Embora tivéssemos a intenção de representar a Terra, o satélite e a altitude da órbita em escala proporcional às suas dimensões reais, adotamos essa proporcionalidade apenas para o diâmetro da Terra e a distância da órbita do satélite. Fizemos esta opção pois a adoção da proporcionalidade no tamanho do satélite, o deixaria invisível em relação à Terra.

Metodologia

Nesta pesquisa, adotamos uma abordagem qualitativa, pois, segundo Chizzotti (2003), propicia ao sujeito de estudo uma maior liberdade de expressão e opiniões sobre o tema abordado, bem como um maior contato com o objeto investigado, podendo a opinião do pesquisador estar presente. Neste tipo de pesquisa, o pesquisador é o instrumento chave, e o ambiente natural é a fonte direta de dados. Os resultados são expressos em descrições, na qual o pesquisador não se preocupa com os resultados, mas com o procedimento (TRIVIÑOS, 1987).

A sequência didática (SD) foi aplicada em uma turma de 14 alunos, com idade entre 21 e 59 anos, matriculados no último período de um curso técnico subsequente em Agrimensura, do turno noturno. Utilizamos como instrumento de coleta de dados uma filmadora, fixa em um tripé, posicionada do lado oposto à lousa, de forma a possibilitar a captura de imagens e áudios dos alunos e do professor/pesquisador. Estas filmagens foram transcritas, observando-se as falas e os gestos dos alunos, de forma a possibilitar uma melhor análise dos resultados. Outro instrumento de coleta de dados utilizado foram os mapas conceituais elaborados pelos alunos no final da aplicação da sequência didática. Na apresentação dos resultados sobre as concepções, ideias e conhecimentos prévios, adotaremos a nomenclatura: A1, A2, A3... A14, para identificar cada um dos 14 alunos, e P para o professor/pesquisador.

Aplicação da Sequência Didática

Embora a Sequência Didática tenha explorado temas sobre: elaboração de mapas conceituais; órbitas de satélites; velocidade e período orbital dos satélites; e o processo de imageamento da superfície da Terra por satélites de observação, neste trabalho focaremos apenas nos tipos de órbitas e no processo de imageamento da superfície da Terra por satélites de observação.

Sobre os tipos de órbitas, iniciamos a aula questionando os alunos sobre como seriam as órbitas dos satélites, objetivando fazê-los apresentar seus conhecimentos prévios. Utilizando um globo para representar a Terra, A6 se aproximou do globo e fez, com um pincel, movimentos circulares em torno do globo, afirmando que a órbita seria circular em todas as direções, mas não definindo uma específica. Ao ser questionado se não haveria uma órbita única para cada satélite, ele respondeu que os satélites se moveriam em todas as direções de forma a não se colidirem. Neste episódio, constatamos que A6 acredita que os satélites não possuem uma órbita fixa, podendo alterá-la de uma posição para outra.

Em seguida, A4 afirmou que existem vários satélites em órbitas e que existem diversas órbitas, simulando-as no globo, passando pelos polos, paralela e inclinada ao plano equatorial, embora não tenha especificado nenhuma delas por nome. Afirmou ainda, que, para se obter uma imagem do território brasileiro, a empresa responsável pelo satélite pode mudar sua posição, até cobrir toda a região de interesse:

A4: “E ainda tem outra coisa, por exemplo, se uma empresa quer fazer um trabalho, vamos supor, no Brasil, mas aí tem como ele pegar alguns satélites e colocar em posicionamento em cima do território brasileiro para poder fazer”

Embora A4 tenha demonstrado conhecer diversos tipos de órbitas, assim como A6, ele acredita que a órbita de um satélite pode ser alterada conforme as necessidades. Contrapondo este posicionamento, A2 discordou de A4, alegando que devido ao grande número de satélites existentes no espaço, seria perigoso mudar a órbita do satélite:

A2: “Mesmo porque, é muito perigoso mudar porque é ... é ... assim, são milhares de satélites que tem hoje em volta da Terra”

Esta fala de A2 trouxe uma reflexão aos demais alunos, que tinham dúvidas sobre o movimento orbital dos satélites, imaginando que suas órbitas poderiam ser alteradas. Para elucidar esta ideia, propomos a seguinte questão: Se o Brasil está numa posição do globo e o satélite orbita noutra, como acontece o deslocamento? Neste momento, A4 utiliza o globo para explicar que a Terra também está em movimento e que o satélite acompanha o movimento da Terra naquele local. Esta fala nos faz inferir que A4 estava se referindo a uma órbita geoestacionária.

Nesta oportunidade, com o apoio do globo terrestre, reforçamos que a órbita geoestacionária acompanha a linha do equador e há uma sincronização entre o movimento orbital do satélite e a rotação da Terra. Explicamos também que havia as órbitas quase polar, ou heliossíncrona, que se mantém inclinadas entre o plano equatorial e a linha dos polos da Terra, e que são utilizadas principalmente pelos satélites de observação no imageamento da superfície terrestre.

Sobre o imageamento da superfície terrestre, foi pedido a um aluno que simulasse o movimento do satélite na maquete, girando a manivela, enquanto o professor rotacionava o globo, facilitando então a visualização da composição do movimento orbital do satélite e a rotação da Terra. Nesta simulação foi possível discutir a dependência da rotação da Terra para que o satélite pudesse completar o imageamento da superfície terrestre.

Ainda utilizando a maquete, mostramos que o satélite de observação faz o imageamento da superfície terrestre por faixas, que são áreas contínuas de largura definidas e que são visualizadas pelo satélite durante sua órbita. Partindo dessa afirmação, questionamos aos alunos: quando o satélite completa uma faixa de imageamento durante uma órbita, ao iniciar a próxima órbita, a faixa imageada será imediatamente ao lado da anterior? Como resposta, A1 afirmou que isso dependeria da velocidade do satélite e do movimento de rotação da Terra. Constatamos nesta fala, que A1 mentalizou todo o contexto, analisando a velocidade de um e do outro, e a posição relativa do satélite em relação à superfície da Terra. Isto demonstra a importância dos conhecimentos prévios para a construção de novos conhecimentos sobre o imageamento da superfície terrestre e os intervalos entre as faixas.

Para exemplificar melhor esta situação, utilizamos um pincel, colocado próximo à cabeça do alfinete, com o intuito de riscar no globo as faixas de imageamento. Ao visualizarem a linha desenhada no globo, os alunos tiveram dúvidas em relação à largura de cada faixa e ao período da órbita. Como forma de esclarecimento, afirmamos, como exemplo, que o satélite Lansat 8 faz, aproximadamente, 14 voltas ao redor da Terra por dia, gastando em torno de 99 minutos por volta, e imageando uma faixa da superfície de 185km de largura.

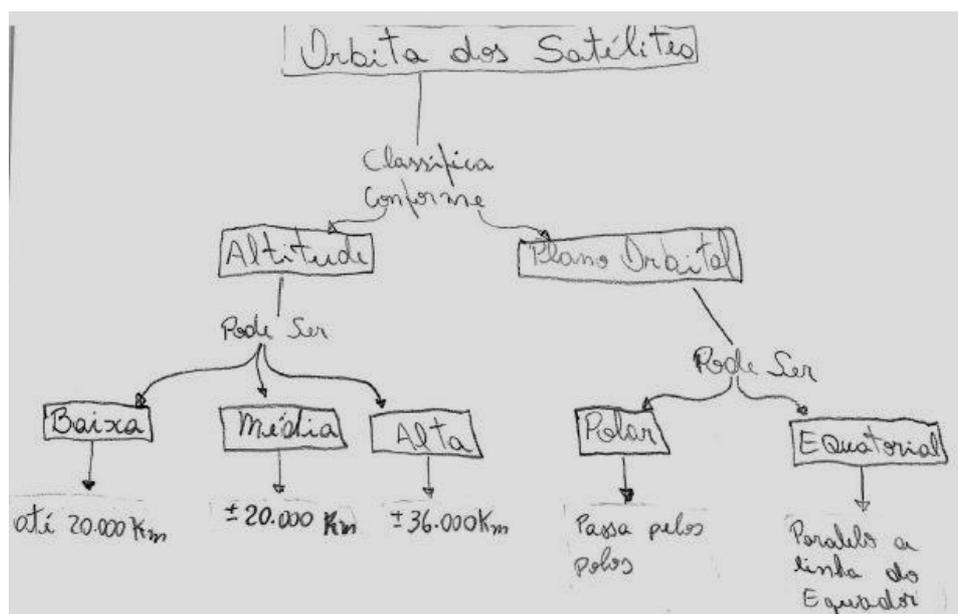
A partir dessa informação, A2 responde que as faixas não são uma ao lado da outra, e A1 questiona sobre qual seria o comprimento da circunferência da Terra. Após a realização do cálculo da circunferência da Terra pelos alunos, que resultou em aproximadamente 40.000km, e da superfície imageada pelo satélite em um dia, que resultou em 2.590km (185km x 14), A1 concordou que não seria possível as faixas de imageamento serem consecutivas.

Nota-se, neste episódio, que A1 e A2, ao obterem novas informações em relação ao período da órbita do satélite e a largura da faixa de imageamento (novos conceitos), fizeram uso de seus conhecimentos prévios, em conjunto com o material potencialmente significativo de apoio (maquete) e os cálculos efetuados, concluíram que as faixas de imageamentos não são

consecutivas. Neste caso, inferimos que houve a diferenciação progressiva, realizada tanto por A1 quanto A2, em que o novo conhecimento adquirido, ocorreu de forma progressiva do geral para os específicos.

Os mapas conceituais elaborados pelos alunos, no final da temática sobre órbitas dos satélites, também nos permitem inferir sobre indícios de aprendizagem significativa. Por questão de espaço, nos limitaremos a um mapa conceitual, elaborado por A2, que teve uma participação ativa durante a aplicação da SD. O mapa conceitual de A2 (Figura 2), apresenta os conceitos organizados e ramificados do mais geral para os específicos, e os conceitos em conjunto com as palavras de ligação formam proposições coerentes.

Figura 2: Mapa conceitual sobre órbitas dos satélites, elaborado por A2



Fonte: Elaborado por A2, 2019.

Podemos observar ainda neste mapa, que A2 internalizou a classificação das órbitas, tanto quanto à altitude quanto ao plano orbital. Essa constatação, em conjunto com sua conclusão de que as faixas de imageamento não são uma do lado da outra, evidencia que houve uma interação de seus conhecimentos prévios de forma não arbitrária e substantiva com as novas informações, resultando numa aprendizagem significativa desses conceitos.

Considerações finais

Este trabalho foi proposto numa concepção didática da Aprendizagem Significativa, tendo como premissa os conhecimentos prévios dos alunos e buscando se apoiar num material didático potencialmente significativo. Para isso, idealizamos uma maquete que simula o movimento orbital de um satélite, de órbita quase polar, e a rotação da Terra, cuja composição possibilita o imageamento da superfície terrestre. O uso dessa maquete foi essencial para a desconstrução das ideias prévias dos alunos de que os satélites não possuíam uma órbita fixa, ou que eles poderiam ficar parados e se movimentar, posteriormente, quando necessário. Neste sentido, a maquete se constituiu como um material potencialmente significativo, mostrando que somente com a rotação da Terra é possível fazer o imageamento de todo o globo terrestre.

A análise dos mapas conceituais nos permitiu identificar uma disposição hierárquica dos conceitos, partindo dos mais gerais para os mais específicos, e também uma coerência textual

nas proposições formadas pelos conceitos e palavras de ligações. Nesse contexto, mesmo que de forma menos expressiva, há indícios da diferenciação progressiva no processo de aprendizagem.

Referências

- ARAGÃO, R. M. R. **Teoria da aprendizagem significativa de David P. Ausubel: Sistematização dos aspectos teóricos fundamentais**. Tese. (Doutorado em ciências) Unicamp, Campinas, 1976.
- CHIZZOTTI, A. A pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais: evolução e desafios. **Revista Portuguesa de Educação**, v.16, n.2, p.221-236, 2003.
- MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.
- MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** In: Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, 2010. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2020.
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista/ Meaningful Learning Review**, v.1, n.3, p.25-46, 2011.
- MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e aprendizagem significativa**. 2012. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2020.
- SOUZA, P. N. **Curso Introdutório em Tecnologia de Satélites (CITS)**. São José dos Campos: INPE, 2003.
- TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: A Pesquisa Qualitativa em Educação**. São Paulo: Atlas. 1987.