

Séries televisivas de investigação criminal e o ensino de ciências: Uma proposta educacional

Thaís Tenório¹, Rodrigo de Melo Leite² e André Tenório²

¹Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil; ²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Brasil. E-mails: tenoriocalc@gmail.com, tenorioifrj@gmail.com.

Resumo: O artigo apresenta um episódio de uma série televisiva de investigação criminal (*Crime Scene Investigation*) como recurso pedagógico para abordar conteúdos de ciências no Ensino Médio. Além de avaliar a capacidade de educandos conectarem conhecimentos adquiridos em aulas expositivas de Física com os apresentados no episódio. Os conceitos discutidos foram gravidade zero, velocidade máxima de queda livre, terceira lei de Newton e equação de Bernoulli. Um questionário qualitativo sobre os conceitos científicos do programa foi aplicado a educandos do segundo ano do ensino médio. Apenas cinco das nove perguntas obtiveram mais de cinquenta por cento de acerto, o que demonstra a dificuldade de transpor o aprendizado teórico a prático. Buscou-se destacar a possibilidade de empregar episódios de séries televisivas de entretenimento como uma ponte entre o aprendizado escolar e situações cotidianas.

Palavras-chave: contextualização, ensino de física, ensino médio.

Title: Television series of criminal investigation and the science education: an educational proposal.

Abstract: The article shows an episode of a television novel (*Crime Scene Investigation*) as pedagogic recourse for middle-school science lessons. The student's ability of association between previous physics lectures and episode's scientific knowledge was evaluated. The concepts were zero gravity, velocity, freefall, third Newton's law and Bernoulli's equation. A qualitative questionnaire about these was applied to middle-school students. Only five of nine questions got more than fifty per cent of accurate. This demonstrates the difficult of transpose theory learning to everyday. The possibility to use entertainment television series as a bridge between school learning and everyday situations was highlighted.

Keywords: contextualization, physics teaching, middle-school level.

Introdução

O papel fundamental da escola na formação das competências essenciais ao indivíduo moderno é irrefutável. Ela estabelece o primeiro contato formal do educando com o conhecimento científico e, até recentemente, para a maioria, representava a principal, senão a única, forma de acesso a esse tipo de informação (Moreira, 1999). Até o começo da última década do século passado, como alternativa ao livro didático, pouco restava além da

laboriosa e, frequentemente, frustrante, busca em livros ou periódicos impressos em bibliotecas públicas ou pessoais. Paralelamente, diante de um público em geral ingênuo, a mídia de massa demonstrava pouco interesse em explorar conceitos científicos nos conteúdos apresentados (Mcsharry, 2002). Não obstante, de forma quase universal, a introdução desses conceitos no enredo servia ao mero propósito de torná-lo fantástico, ou até absurdo.

Os recentes e impressionantes desenvolvimentos das tecnologias de informação, como a internet, gradativamente revolucionaram as formas de comunicação e o acesso ao saber (Donato e Dantas, 2009). A facilidade de divulgação e disseminação do conhecimento científico, aliada à ampliação do ingresso à educação básica e à superior, tem transformado gradativamente o perfil do público da mídia de massa. O nicho de telespectadores em busca de atrações que explorem conceitos científicos corretamente, ou assim espera-se, parece ter se tornado amplo o bastante para atrair o interesse da grande mídia. O maior amadurecimento científico do público em geral tornou-o mais crítico em relação aos conteúdos ofertados pela mídia, mesmo aqueles com a finalidade de entretenimento.

As crianças e os adolescentes inseridos nessa nova conjuntura têm na mídia um sítio para a aprendizagem pessoal, que auxilia no conhecimento de novos assuntos ou no aprimoramento de outros.

Aprendizado informal era o termo utilizado para descrever o aprendizado científico sucedido fora dos locais tradicionais de ensino, como escolas e universidades. Entretanto, alguns pesquisadores acreditam que o perfil e o modo de aprendizado se modificaram. Dessa forma, uma revolução no campo educacional estaria a acontecer à medida que as pessoas procuram conhecimentos específicos sobre uma grande gama de assuntos em suas horas livres por vontade própria, interesse ou curiosidade. Tal comportamento tornou-se uma tendência. Por isso tem crescido uma corrente que o chama de aprendizado de livre-escolha (Dierking, 2005).

Mais pesquisas (Falk, 2001 e Miller, 2001) convergem no mesmo sentido. Um estudo (Falk, 2000) feito com dois mil residentes de Los Angeles, com perfis socioeconômicos distintos, demonstrou que os indivíduos tinham interesses pelos mais diferentes tópicos e a maior parte dos entrevistados, aproximadamente metade, responderam ter aprendido sobre ciência e tecnologia durante seu tempo de lazer. Apesar disso (Mcsharry, 2002), os programas educativos científicos ainda são pouco assistidos.

A televisão é um dos meios de comunicação preferido pelo público (O'Sullivan, Dutton e Rayner, 1998 e Mcsharry, 2002). Ela age como um instrumento de socialização, consumo, aprendizagem e entretenimento, por isso as investigações sobre este objeto são tão difundidas. Apesar da função pouco educadora citada por alguns, a sua presença é constante (Schwertner, 2007), em especial para o público infante-juvenil (Duarte, Leite e Migliora, 2006).

Devido à extensão da participação desse veículo de comunicação, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) do Brasil (Ministério da Educação e Cultura, 1998) debatem o assunto, na etapa de introdução, ao propor sua utilização no processo de ensino:

A programação convencional de televisão, que em princípio não tem finalidade educativa, pode ser utilizada como fonte de informação para problematizar os conteúdos das áreas do currículo, por meio de situações em que o veículo pode ser um instrumento que permite observar, identificar, comparar, analisar e relacionar acontecimentos dados, cenários, modos de vida etc. Por exemplo, é possível propor estudos comparativos de personagens e ambientes de novelas, desenhos, seriados [...] Propostas desse tipo favorecem o desenvolvimento de habilidades relacionadas à linguagem oral e escrita, e de uma atitude mais crítica diante da televisão como veículo de informação e comunicação. (Ministério da Educação e Cultura, 1998, pp. 143).

É imprescindível destacar que as ideias prévias dos educandos sobre muitos tópicos, seja por informações adquiridas em seu cotidiano, seja pelos meios de divulgação (televisão, jornais, revistas, internet), devem ser exploradas com o objetivo de alçar um aprendizado significativo e crítico em relação aos conceitos científicos.

O docente tem papel fundamental no emprego de recursos pedagógicos alternativos e deve agir como um guia, um mediador do processo de ensino, que possibilite o alcance do aluno a competências cada vez mais complexas, até que ele consiga competências independentemente (Piaget, 1978 e Guimarães, Echeverría e Moraes, 2006). Para isso, o professor precisa buscar métodos facilitadores da construção de conhecimentos e, conseqüentemente, uma melhor aprendizagem (Piaget, 1976).

Neste artigo um episódio da série *Crime Scene Investigation* (C.S.I.) foi empregado como recurso didático para consolidar conteúdos de Física ministrados em aulas do Ensino Médio. Um questionário qualitativo também foi usado para avaliar a capacidade de educandos conectarem conhecimentos adquiridos em aulas expositivas de Física com os apresentados no programa televisivo.

Referenciais teóricos

Artifícios modernos: A televisão e a mídia

Despertar no educando o interesse pelo aprendizado de ciências é assaz importante e o uso apenas de métodos tradicionais, como uma aula teórica expositiva, contraria os hodiernos estudos relativos ao ensino de ciências, além de dificultarem a inserção dos avanços da tecnologia.

As tecnologias designadas educacionais são usadas no âmbito escolar para o auxílio do processo ensino-aprendizagem. As que são aplicadas desde o início pelas escolas, como cadernos, livros e calculadoras, são chamadas "velhas" tecnologias; os retroprojetores e as máquinas copiadoras são tecnologias em posições intermediárias e as novas tecnologias são os aparelhos de DVD, os microcomputadores e os softwares (Donato e Dantas, 2009). A televisão com aparelho de DVD é considerada então uma nova tecnologia e pode ser utilizada para fins educacionais.

Pesquisadores chamam os veículos de comunicação de quarto poder da modernidade, ao considerar a televisão o mais universal para a recepção da

informação, ócio e divertimento (Caldera-Serrano, 2006 e Ezquerria Martínez e Polo Díez, 2010).

Vidigueira e Paiva (2006) retratam a televisão como um meio de socialização pelo qual o objetivo é informar, divertir e educar. Isso permite um novo código de comunicação entre os jovens. Possibilita-os partilhar da mesma experiência e falar na mesma linguagem. Os autores trabalham a influência do consumo televisivo em adolescentes entre doze e quinze anos e no que isso pode afetá-los, seja no consumo individualizado, seja no consumo familiar, aquele pode retirar o jovem do convívio com outras pessoas e este pode ser um meio de aproximação e diálogo do jovem com a família (Vidigueira e Paiva, 2006).

A propagação da televisão no Brasil é muito acentuada. Em 2003, 99% das crianças brasileiras tinham a mídia televisiva como o principal veículo de entretenimento e 81% assistiam à televisão duas horas ou mais por dia (Kiddo's, 2010). Em outros países (Mcsharry, 2002, Ezquerria Martínez e Pro Bueno, 2006 e Ezquerria Martínez e Polo Díez, 2010), a televisão também ocupa posição de destaque e prepondera sobre os demais meios de comunicação. Ela pode até funcionar como agente de dinâmica social (Ezquerria Martínez e Pro Bueno, 2006).

Um estudo (Ezquerria Martínez e Polo Díez, 2010) realizado com 218 alunos de Madrid, Murcia, Santa Cruz de Tenerife ou Valencia entre 2005 e 2006 mostrou um tempo de estudo fora da escola (por volta de 14 h) menor que o dedicado a assistir televisão (aproximadamente, 15,3 h).

Diante da influência da televisão, Ezquerria Martínez e Pro Bueno (2006) destacaram a necessidade de conhecer os saberes transmitidos por ela à sociedade e o aprendizado captado pelos alunos.

Alguns trabalhos como o de García Borrás (2005), Ezquerria Martínez e Pro Bueno (2006), García Borrás (2008), Mesquita e Soares (2008), Machado (2008), Ezquerria (2010), García Borrás (2011), Quirantes Sierra (2011) e Ezquerria Martínez (2012) indicam a utilização de desenhos, séries, filmes ou outros programas televisivos para a problematização de conteúdos escolares, incremento da capacidade crítica dos educandos ou análise do desenvolvimento do pensamento científico, de modo a diminuir a separação entre ciência e sociedade. As conclusões de tais pesquisas convergem com outras investigações (Njaine, 2006) que apontam a mídia como lugar de formação com participação decisiva na constituição do sujeito contemporâneo e reputam o receptor das imagens televisivas como sujeito ativo no processo comunicacional. Assim sendo, os produtos televisivos, apesar de marcados por violência, diferenças de classe e de *status* cultural e social, devem ser usados como dispositivos na "pedagogização midiática" (Fischer, 2002 e Duarte, Leite e Migliora, 2006).

A mídia pode ser um recurso promissor para trabalhar os conceitos físicos tanto no aprendizado de um novo conteúdo quanto na contextualização de outros. Pois a física trabalha com a parte precisa e objetiva da realidade, enquanto a arte se preocupa com a dimensão da percepção psicológica do mundo.

O uso educativo da programação televisiva convencional deve ser encorajado em salas de aula, inclusive por atrair a atenção dos educandos

às aulas teóricas e motivá-los (García Borrás, 2005, Ezquerra Martínez e Polo Díez, 2010, García Borrás, 2011 e Quirantes Sierra, 2011). Embora os vídeos de produção própria (Ezquerra Martínez e Pro Bueno, 2008 e Ezquerra Martínez, 2010) também sejam uma alternativa atraente.

De todo modo, as escolas não devem competir com as mídias e sim torná-las parte das aulas como recurso didático, com o intuito de valorizar a visualização e promover a criatividade e a comunicação. Pois pensar com imagens demanda capacidade de observação, formação de imagens mentais e análise de imagens (Mathewson, 1999).

Assistir a um vídeo de uma série de investigação criminal, por exemplo, pode ser uma atividade de caráter instigante e servir para construir ou consolidar conhecimentos pela interação com os conceitos discutidos em sala (García Borrás, 2005).

Ciências criminalística e forense e o ensino de ciências

A Física, a Química e a Biologia são ciências básicas que servem de suporte para o estudo em diversas áreas. A conexão entre tais matérias e as ciências criminalística e forense já foram debatidas por alguns trabalhos.

Por exemplo, Kleer, Thielo e Kurtz-dos-Santos (1997) e Negrini (2002) retratam em seus artigos uma física mais próxima do cotidiano por meio de um programa que permite utilizar alguns tópicos de mecânica, como atrito, aceleração constante, leis de Newton, conservação do momento linear, movimento circular e movimento de projéteis, na investigação de acidentes de trânsito. Os conteúdos são vistos nos cursos de física do ensino médio e as técnicas de investigação utilizadas podem ser facilmente compreendidas pelos estudantes (Kleer, Thielo e Kurtz-dos-Santos, 1997 e Negrini, 2002).

Ao final de suas pesquisas, Kleer, Thielo e Kurtz-dos-Santos (1997) e Negrini (2002) evidenciaram que aproximar a física do dia-a-dia é benéfico a educadores e educandos, ao possibilitar um aprendizado significativo por meio da relação com os dispositivos subsunçores construídos na aprendizagem cognitiva. Foi também destacado o papel na solução de problemas ocorridos durante a investigação de acidentes e na conscientização em relação à segurança no trânsito.

Evidenciar a relevância da física para resolver problemas práticos da vida real; fornecer ótimos exercícios de problemas que permitem diferentes métodos de resolução; fornece exercícios de "testagem" de hipóteses, por exemplo, declaração de testemunhas; promove a consciência acerca de questionamentos científicos sobre problemas da vida real que necessitam ser complementados, por exemplo, por considerações legais e morais e reforça a importância da segurança nas estradas, evidenciando as vantagens do uso do cinto de segurança e da obediência às leis do trânsito. (Kleer, Thielo e Kurtz-dos-Santos, 1997, pp. 161).

Outra proposta de como mostrar a ciência aos alunos foi feita por Chemello (2006) ao empregar impressões digitais. No estudo, o autor cria uma história fictícia que retrata os passos científicos para descobrir um crime e a relaciona à unicidade da ciência, ou seja, a dependência entre a física, a química, a matemática e a biologia.

O programa C.S.I. é famoso em diversos países e na maioria dos episódios aborda algum conhecimento científico (García Borrás, 2005 e Ezquerro Martínez e Polo Díez, 2010). A série tem especial apelo entre adolescentes e adultos jovens. A facilidade de acesso às séries de ficção pelos jovens auxilia para que sua exibição seja uma forma de alcançar os alunos, porém é necessário compreender como elas exibem os conteúdos teóricos e se eles são absorvidos por seus espectadores. Dessa necessidade decorre o presente estudo.

Séries televisivas de investigação criminal e o ensino de ciências

Os educadores, ordinariamente, apresentam dificuldades em trabalhar conceitos científicos com classes de ensino médio. Sobretudo, os conteúdos das disciplinas de física e de química, ainda comumente ministrados em aulas transmissivas e monótonas. Isso leva os educandos a considerarem as matérias desconexas da realidade, enfadonhas e livrescas.

Todavia, atualmente, o professor dispõe de um bom suplemento dinâmico: a tecnologia televisiva. Em especial, ao se embasar na aprendizagem significativa e na epistemologia genética, o docente pode retratar a construção do conhecimento por meio de exemplos e aplicações da física no dia-a-dia do estudante, ao incluir em seus materiais paradidáticos, vídeos de uma série de investigação criminal (García Borrás, 2005). Evidentemente, é necessário observar a idade dos educandos e o conteúdo dos episódios, afinal há a possibilidade de uma edição prévia para melhor adequação do uso em classe.

A mídia trata de conhecimentos científicos relacionados a todas as áreas de conhecimento. Alguns estão associados diretamente aos conceitos da física, da química ou da biologia, ultimamente discutidos por revistas, internet, jogos e, em especial, por programas de televisão como as séries referentes às ciências criminalística e forense. Entre estas, cita-se o C.S.I. (Investigação Criminal) e suas três derivações (C.S.I.:Las Vegas, C.S.I.:Miami e C.S.I.:New York), além de *Cold Case* (Arquivo Morto) e *Without a Trace* (Desaparecidos). Elas abordam não só os conhecimentos físicos, mas outros de ciências, como de biologia, química e matemática.

A física, em especial, muitas vezes aparenta ser um processo mágico do qual qualquer indivíduo pode tentar deduzir explicações para os fenômenos da natureza. Contudo, nas séries de investigações aplicadas às pesquisas forenses, ela tem como principal escopo observar e analisar os fenômenos naturais cuja interpretação é de mérito criminalista.

Ao considerar o interesse que esses programas atraem no público adolescente (García Borrás, 2005), torna-se possível trabalhar com os estudantes histórias fictícias para facilitar o entendimento de conceitos relacionados muitas vezes ao seu cotidiano, ao trazer para a realidade do educando saberes abstratos e, por vezes, reputados incompreensíveis (García Borrás, 2008). Deste modo, as séries podem auxiliar na visualização de situações que possibilitam a construção e o desenvolvimento da aprendizagem, ao auxiliar o processo formativo e a aquisição da habilidade crítica (García Borrás, 2008).

Este trabalho apresenta uma maneira de aproveitar um episódio da série C.S.I. como recurso midiático ativo em aulas de Física e analisa as principais reações dos educandos a aulas com esse tipo de metodologia.

Metodologia

Os objetivos do estudo foram destacar o uso de séries televisivas de investigação criminal como recurso pedagógico para abordar conteúdos de ciências no Ensino Médio e avaliar a capacidade de educandos conectarem conhecimentos adquiridos em aulas expositivas de Física com os apresentados em um episódio da série *Crime Scene Investigation* (C.S.I.).

Escolheu-se o episódio 182 *Miami, we have a problem* (Miami, nós temos um problema) escrito por Sam Hill e com duração de 40 minutos. Ele faz parte da série *C.S.I.: Miami*, criada por Anthony Zuiker, Carol Mendelsohn e Ann Donahue. O episódio selecionado foi apresentado em canal aberto no Brasil durante a programação noturna. Ele abordou a investigação de um crime no espaço e foi escolhido devido ao rico conteúdo de física e à abordagem da série, sendo detalhadamente examinado em relação aos conceitos científicos na seção de resultados e discussão.

A etapa de trabalho de campo baseou-se na aplicação do vídeo e de um questionário a educandos do ensino médio seguida da discussão participativa dos conteúdos do episódio. Nesta fase, pode-se perceber o potencial do emprego da série C.S.I. como recurso didático no ensino de Ciências, apontado em estudos anteriores (García Borrás, 2005).

O programa foi assistido e seguido de um questionário qualitativo. Ele serviu de base para saber se os educandos observaram se as informações contidas no vídeo estavam de acordo com as leis científicas e se foi fácil compreender a relação com os conceitos já vistos pela classe. As questões visavam avaliar a capacidade de conexão entre as aulas expositivas prévias e o conteúdo mencionado de Ciências, sobretudo de Física, como gravidade zero, velocidade máxima, queda livre, terceira lei de Newton e equação de Bernoulli.

Posteriormente foi realizada uma discussão participativa que revisou os conteúdos, esclareceu as dúvidas e criticou os pontos equivocados do episódio em relação aos conhecimentos científicos, como o referente à equação de Bernoulli. Essa etapa foi importante para demonstrar como os conceitos elucidados na ficção são aplicáveis na vida real.

O trabalho de campo foi realizado no ano de 2010 em um colégio militar do estado do Rio de Janeiro com trinta e dois educandos do segundo ano do ensino médio, todos com idade superior a 14 anos, a classificação etária do episódio.

Segundo as notas dos alunos no exame nacional brasileiro do ensino médio (INEP, 2012), a escola selecionada para aplicar a pesquisa era considerada uma das melhores do Brasil. Tal escolha serviu para avaliar a hipótese: uma escola com grande potencial e estrutura, também, apresenta dificuldades no ensino de ciências.

Resultados e discussão

Análise documental do episódio "Miami, nós temos um problema": uma discussão sobre o conteúdo disciplinar

No episódio é apresentada uma investigação de um crime espacial, uma morte ocorrida no espaço. O problema retratado inicia-se depois de um corpo cair do céu em cima de um carro, sem a identificação de onde aquele poderia ter vindo, já que não havia prédios por perto. O legista, ao analisar o corpo, pensou estar louco, todavia a análise do sangue confirmou a sua teoria de que o homem estava no espaço. Sabia, porém, que o corpo não fora jogado de fora da atmosfera, pois seria impossível ele entrar na mesma e não ser incinerado, fato ressaltado pelo programa. Logo, concluiu-se que o corpo caíra não de uma espaçonave, mas sim de um helicóptero.

Para descobrir as circunstâncias de óbito do indivíduo foi necessário fazer uma simulação em "gravidade zero" e, para isso, os peritos realizaram uma viagem em um avião que executava manobras simuladoras da ausência de gravidade. Após o procedimento, desvendaram-se um dos eventos anteriores à morte e uma importante pista para descobrir o autor do assassinato, observando a terceira lei de Newton. O coice da arma, quando disparada, jogou o agente para trás e, assim, ele bateu na porta do avião. O impacto provocou um hematoma característico, e isso, permitiu a identificação do atirador.

Chegou-se à conclusão que o falecido fora baleado e, diferente do testemunho dos ocupantes da espaçonave, ele não havia morrido fora da nave. Contudo, todos os três ocupantes da espaçonave foram considerados passíveis de processo penal, pois a decisão de matar o outro passageiro foi conjunta e aconteceu devido a um vazamento de oxigênio que colocou a vida de todos em risco, afinal não haveria oxigênio suficiente para as quatro pessoas presentes na espaçonave voltarem a Terra.

Alguns conceitos de física significantes, discutidos na pesquisa, foram expostos no episódio resumido acima. Cenas televisivas podem servir de apoio na tentativa de mostrar ao educando a relevância e o emprego de cada conteúdo, como destacado por Quirantes Sierra (2011). Especialmente, porque os assuntos são tratados de forma perceptível e tangível (García Borrás, 2011). A seguir alguns conteúdos disciplinares do episódio foram debatidos.

"Gravidade zero". A expressão "gravidade zero" foi mencionada muitas vezes no vídeo. Ela se refere a situações em que uma pessoa tem a sensação de ausência de peso. Na verdade, o efeito está relacionado com a força exercida pelos músculos nas articulações para sustentar os indivíduos de pé. Por conseguinte, a sensação de peso é nula quando a força normal do piso sobre a pessoa também for nula.

A percepção de ausência de peso ocorre quando todas as partes articuladas da pessoa estão sujeitas a um campo de aceleração externo uniforme, de modo que as diferenças de aceleração entre as partes articuladas da pessoa sejam devidas, exclusivamente, às forças internas, oriundas da ação muscular do indivíduo.

Assim, a sensação de ausência de peso pode ser provocada por uma real ausência da força peso ou simulada pelo anulamento da força normal.

No primeiro caso, o campo gravitacional sobre a pessoa é mais fraco do que seria na proximidade da superfície da Terra. Isso aconteceria se a pessoa estivesse em órbita da Terra, quando seu peso seria residual, ou seja, bem menor do que seria sobre a superfície terrestre. Neste sentido, "gravidade zero" é apenas uma aproximação da realidade, já que o campo gravitacional só é zero infinitamente longe do centro da Terra. Por isso, o mais correto seria chamar esse fato de microgravidade.

No segundo caso, a sensação de aparente falta de peso ocorre se a pessoa estiver em um campo uniforme de aceleração gravitacional, sem a ação de outra força externa. Para obter tal impressão, mesmo próximo à superfície da Terra, é preciso estar em queda livre.

A queda livre ocorre no momento em que um objeto move-se somente sob a influência da gravidade e o campo gravitacional é uniforme sobre toda a extensão do objeto, logo ele não fica sujeito a tensões internas. Exemplifica-se tal fato com o interessante fenômeno das marés, tão importante em oceanografia. Na atmosfera há a resistência do ar, por conseguinte um objeto não pode realmente estar em queda livre a menos que esteja no vácuo.

A discussão sobre a sensação de ausência de peso com o episódio como pano de fundo permitiu trazer à realidade do aluno um saber abstrato (García Borrás, 2008) e mostrar a ciência como não fantasiosa (Ezquerria Martínez, 2010), o que motivou a aprendizagem escolar (Ezquerria Martínez e Polo Díez, 2010 e García Borrás, 2011).

A simulação feita pelos peritos no episódio, e por astronautas na vida real, foi outro trecho televisivo capaz de promover as discussões em sala. Ela é realizada em um avião que deve subir em um ângulo bem acentuado e então mergulhar, criando assim uma rota chamada arco de parábola, trajetória de Kepler ou rota de queda livre, visualizada na figura 1.



Figura 1.- Rota de voo parabólico.

No trajeto, a única força atuante é a gravidade que puxa na direção vertical no sentido para baixo. É necessário lembrar que a velocidade horizontal permanece constante. Portanto, a trajetória durante a sensação de gravidade zero é a de um projétil lançado a partir, aproximadamente, do ponto de inflexão da trajetória de um avião. A figura 1 mostra também que enquanto os motores do avião compensam a resistência do ar, a velocidade horizontal se mantém uniforme.

Um avião, para fazer uma viagem segura, precisa voar a uma altitude de, no mínimo, 7.315 metros, o que fornece espaço suficiente para se

manobrar. Algumas empresas podem realizar este tipo de voo para fins turísticos, chegando a cobrar, em média, três mil dólares por pessoa.

Para entender a sensação de aumento ou redução de peso dos passageiros é interessante analisar a situação no referencial acelerado (não inercial) dos ocupantes do avião. É importante lembrar, que para a segunda lei de Newton ser aplicável em um referencial acelerado, é preciso considerar cada partícula ou corpo, além das forças de interação, sofrendo de uma força fictícia, dita inercial, igual à massa da partícula vezes o campo de aceleração de referencial acelerado. A força inercial é um remendo colocado na segunda lei de Newton, para ela ser válida no referencial acelerado.

Como a sensação de peso está relacionada com a força dos músculos nas articulações para as pessoas se sustentarem de pé, na parábola descendente, no ponto A observado na figura 2, portanto, a sensação de peso é nula quando a normal também for. No ponto máximo da trajetória parabólica, no referencial dos passageiros, a força inercial cancela a força gravitacional, o que provoca a sensação de ausência de peso, com duração de aproximadamente trinta segundos.

A análise das forças atuantes sobre os passageiros, tanto no referencial inercial da Terra quanto no referencial não inercial dos passageiros, foi apresentada a seguir.

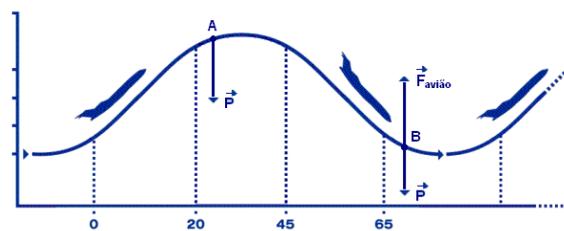


Figura 2.- Referencial da Terra.

Ao considerar o referencial da Terra, no ponto A observado na figura 2, aplicando a segunda lei de Newton, tem-se que:

$$\vec{F}_R = \vec{P} = m \cdot \vec{a} \qquad \vec{F}_{\text{avião}} = \vec{0} \text{ é a força normal exercida pelo}$$

$$\vec{P} = m \cdot g \cdot \hat{j} \qquad \text{avião sobre os passageiros.}$$

Na parábola ascendente, ponto B visto na figura 2, a sensação de peso é 1,8 vezes a força da gravidade, ou seja, os passageiros pesam temporariamente 80% a mais que o normal, como demonstrado a seguir:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_{\text{avião}} + \vec{P} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{F}_{\text{avião}} = +1,8m \cdot g \cdot \hat{j} \qquad \vec{F}_{\text{avião}} \text{ é a força normal exercida pelo}$$

$$\vec{a} = 0,8 g \cdot \hat{j} \qquad \text{avião sobre os passageiros.}$$

Ao analisar o referencial dos passageiros, no ponto C observado na Figura 3, aplicando a segunda lei de Newton, tem-se que:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_{inercial} + \vec{P} = \vec{0}$$

$$\vec{F}_{inercial} = -\vec{F}_R$$

$$\vec{F}_{avião} = \vec{0} \text{ é a força normal exercida pelo avião sobre os ocupantes.}$$

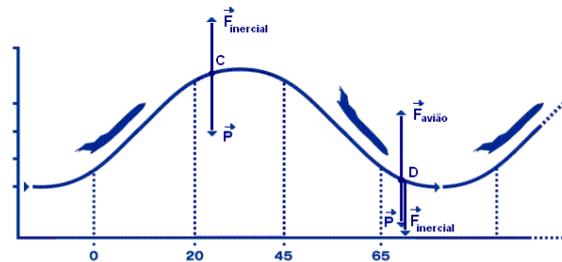


Figura 3.- Referencial dos passageiros.

E no ponto D visto na figura 3, tem-se que:

$$\vec{F}_R = \vec{F}_{avião} + \vec{F}_{inercial} + \vec{P} = \vec{0}$$

$$\vec{F}_{avião} = -\vec{F}_{inercial} - \vec{P}$$

$$\vec{F}_{inercial} = \vec{F}_{avião} + \vec{P} = \vec{F}_R = 1,8m.g.\hat{j} - m.g.\hat{j} = 0,8m.g.\hat{j}$$

No episódio, a discussão dos detetives sobre o óbito ter ocorrido fora da Terra, a análise do legista sobre as circunstâncias da morte e o simulador de "gravidade zero" permitiram abordar alguns conteúdos didáticos de Física como força peso, força normal, campo gravitacional, "gravidade zero", queda livre e segunda lei de Newton. Trabalhar tais assuntos aliados ao uso de um recurso audiovisual promoveu o desenvolvimento da capacidade de observação do aluno (Greca e Moreira, 2010) e facilitou conexões a situações cotidianas (Ezquerria Martínez, 2012).

Velocidade terminal de queda. Esse conceito foi mencionado pelo docente no trecho do episódio em que um corpo cai de um helicóptero. Um corpo só está em queda livre se há a exclusão de qualquer força externa, além do peso.

O cientista Galileu Galilei foi o primeiro a propor que ao soltar de uma mesma altura, uma pedra e uma pena, os tempos de queda no vácuo e na atmosfera seriam diferentes. Na superfície, o ar exerce um efeito retardador na queda de qualquer objeto. O efeito é maior sobre o movimento da pena do que no da pedra. Se a experiência fosse repetida em um local onde predomina o vácuo, por exemplo, na superfície lunar, onde não há atmosfera, verificar-se-ia a pedra e a pena caírem simultaneamente (Doca, Biscuola e Bôas, 2010).

A aceleração da gravidade tem um valor aproximadamente igual a $9,8 \text{ m/s}^2$, próximo à superfície terrestre. Na ausência do ar, qualquer corpo, independentemente de sua massa, cai com a mesma aceleração gravitacional.

A força de resistência do ar sobre um corpo – força de atrito com o ar – tem sempre sentido contrário ao seu movimento, e seu valor é tanto maior quanto maior for a velocidade do corpo. Na maioria dos casos, quando a velocidade tem o valor entre 24 e 330 m/s, constata-se uma proporção

quadrática. Isto é, do tipo $F_r = kv^2$, onde F_r é a intensidade da força de resistência do ar; k é o coeficiente dependente da forma do corpo, da densidade do ar e da maior área de uma seção do corpo perpendicular à direção do movimento e v é a intensidade da velocidade (Doca, Biscuola e Bôas, 2010).

Apenas dois tipos de forças agem sobre o corpo em queda: a força da gravidade (para baixo) ou mesmo chamada peso, e a força de resistência do ar (para cima), como mostra a figura 4.

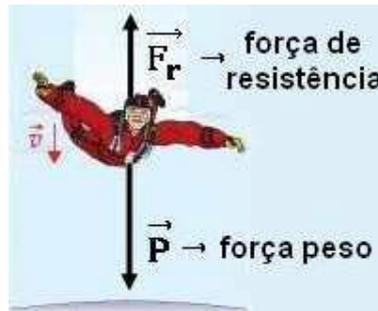


Figura 4.- Forças que atuam no corpo em queda.

Destaca-se que durante a queda de um corpo, seu peso permanece constante durante todo o movimento, mas isso não ocorre com a força de resistência do ar. Ela adquire uma intensidade crescente à medida que o corpo ganha velocidade, sendo desprezível qualquer variação do campo gravitacional na queda. A velocidade aumenta até certo limite, quando a força de resistência de ar é igual à força peso. Logo, há uma força resultante nula, assim o corpo prossegue a queda em movimento retilíneo uniforme, por inércia.

Quando o vídeo mostrou um corpo cair de um helicóptero em velocidade máxima, suscitou no educando a curiosidade sobre como calcular a velocidade e o porquê dela atingir um limite. Nesse momento, pode-se demonstrar que o movimento acelerado do corpo na direção vertical, determinado sob a influência da força peso e da resistência do ar, faz as duas forças se equilibrarem por um instante. Isso torna o movimento uniforme cuja velocidade é constante, obtendo-se então uma velocidade máxima.

Sem a participação do docente na explicação da situação descrita, o aluno formula uma compreensão deformada da realidade baseada em uma percepção distorcida. Como destacado por Quirantes Sierra (2011), os estímulos visuais nem sempre levam a uma melhor compreensão da Física e podem ocasionar uma aprendizagem errônea.

Por isso, é imperioso mencionar ao aluno que o corpo não está em queda livre, pois o mesmo não sofre a ação de qualquer força externa e então o movimento é chamado de "quase queda livre". Destarte, o termo "queda livre" não se enquadra para a realidade do ser humano. Afinal seria preciso um corpo livre da ação de qualquer força para tal, ou seja, no vácuo, onde não haveria velocidade máxima, porque ela cresceria linearmente até o corpo chegar ao solo com um forte impacto, à medida que aumentasse a sua velocidade.

Empregar o recurso audiovisual para abordar o conceito de velocidade terminal de queda permitiu ao docente mostrar em sala no momento oportuno uma situação real de aplicação de um conteúdo teórico. Isso facilitou a transposição do aprendizado escolar ao dia a dia, difícil de ser realizada mesmo após a Educação Básica (Pro Bueno e Ezquerria Martínez, 2005).

Terceira lei de Newton. No episódio, um rico conteúdo de mecânica foi apresentado em algumas cenas. Entretanto, a maioria dos conceitos foi apenas citada pelos personagens, não explicada. Na série, a terceira lei de Newton foi destacada quando um dos detetives atirou em um objeto.

As leis de Newton ou leis do movimento de Newton associam-se a uma base teórica fundamental da mecânica clássica, conhecida também como mecânica Newtoniana.

A primeira lei é conhecida como a lei da inércia, em que um corpo em repouso permanece em repouso e um corpo em movimento retilíneo uniforme permanece em movimento, a menos que uma força externa aja sobre o corpo.

A lei fundamental da mecânica, a segunda lei de Newton, explica que a taxa de variação do momento linear é diretamente proporcional à força aplicada em um corpo, ou melhor, a força aplicada é proporcional ao produto de sua massa pela aceleração.

Já a terceira lei de Newton ilustra a força como resultado da interação entre os corpos, ou seja, um corpo produz uma força e outro corpo a recebe, sendo também conhecida pelo ditado popular "toda ação tem uma reação". Na interação entre dois corpos, o primeiro exerce uma força sobre o segundo, e o último também exerce uma força contrária sobre o primeiro. A força é de mesmo módulo, mesma direção, porém de sentido oposto, como mostra a figura 5.

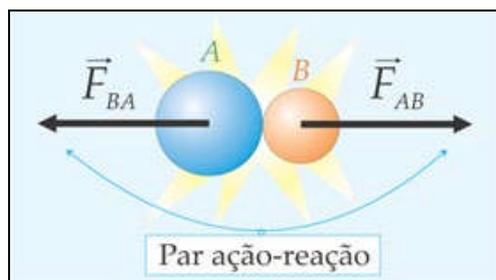


Figura 5.- Forças atuantes em corpos diferentes no choque.

As forças de ação e reação não se equilibram e não se anulam, pois são aplicadas em corpos diferentes. No vídeo, quando da simulação do tiro em um boneco de plástico, é fácil observar como a arma parece ser uma extensão do corpo do atirador. Ao apertar o gatilho, a bala é lançada exercendo uma força para frente, pela interação entre o corpo do atirador e a bala. O corpo reage com a mesma intensidade, a mesma direção, mas em sentido oposto. Logo, o atirador é lançado para o lado oposto ao do projétil.

Essa cena esclarecida pela terceira lei de Newton facilita a construção da representação mental das forças de ação e reação na estrutura cognitiva do

aluno. Além de expor a ciência como parte da sociedade, não como algo distante e fantasioso (Ezquerria, 2010).

Equação de Bernoulli. No vídeo, os peritos supostamente empregam a equação de Bernoulli para determinar que os astronautas teriam doze minutos com oxigênio na nave para voltar à Terra e o fato do volume de oxigênio ser insuficiente para o retorno das quatro pessoas. Isso teria levado os viajantes a constatarem que seria preciso a morte de um dos tripulantes, para os outros conseguirem retornar. A equação de Bernoulli não faz parte do currículo mínimo de física do ensino médio brasileiro. Mesmo assim, é imprescindível mostrar aos alunos que a equação de Bernoulli não determina o tempo necessário para que o oxigênio na nave termine. Além disso, discutir o erro apresentado por uma série com "visão científica" (Ezquerria Martínez e Polo Díez, 2010) permite incentivar nos estudantes o desenvolvimento de uma postura crítica frente aos conteúdos televisivos.

O docente fez três críticas ao emprego da equação de Bernoulli às circunstâncias apresentadas no programa. Primeiramente, a equação de Bernoulli original, descrita em 1738, é aplicável somente aos casos em que o fluido pode ser tratado como incompressível.

$$\frac{1}{2}v^2 + \phi + \frac{P}{\rho} = \text{cte}, \text{ em que } \phi \text{ é o potencial gravitacional.}$$

No escapamento de oxigênio comprimido do tanque para o vácuo, certamente este não é o caso. Poder-se-ia então tentar aplicar uma versão generalizada da equação de Bernoulli.

$$\frac{1}{2}v^2 + \phi + h(P, \rho) = \text{cte}, \text{ onde } h \text{ é a entalpia específica do gás.}$$

$$h(P, \rho) = \frac{\gamma P}{\gamma - 1}, \text{ para um gás ideal diatômico homonuclear.}$$

Em segundo lugar, mesmo que o oxigênio pudesse ser considerado um gás aproximadamente ideal, ainda assim a equação de Bernoulli sozinha não determinaria o tempo restante de oxigênio na nave. Caso não houvesse vazamento, para encontrar o tempo de duração do oxigênio seria necessário usar duas equações a mais: a equação de estado de gás e a equação de conservação da massa.

A equação de estado permitiria relacionar a densidade do oxigênio com a pressão e a temperatura dentro do tanque ou a densidade do oxigênio com a pressão e a temperatura dentro da cabine.

A equação de conservação da massa calcularia a duração da quantidade de oxigênio a partir da taxa de consumo da respiração dentro da cabine e do fluxo de oxigênio encontrado com a velocidade de escoamento do oxigênio dada pela equação de Bernoulli generalizada.

A terceira crítica a ser feita é que com o vazamento para o vácuo, o gás sofreria uma expansão livre. A equação de Bernoulli, mesmo a generalizada, só é aplicável a casos em que o fluxo é adiabático, estacionário, irrotacional e não viscoso. Contudo, na expansão livre o fluxo é turbulento, apesar de adiabático.

Outro ponto a ser destacado é a perceptível falta de cuidado com os detalhes no episódio. O perito no vídeo rabisca símbolos ininteligíveis para

representar a equação de Bernoulli em um quadro. Além disso, a tradução para o português é falha ao citar os dados numéricos falados corretamente em inglês. Por exemplo, no episódio é dito que o diâmetro do buraco, no tanque de oxigênio, feito pelo meteorito era de 0,38 polegadas, no entanto, a legenda mostra 9,7 cm, quando na verdade, corresponderia a 0,96 cm.

Tais críticas explicadas ao aluno permitem que eles se apercebam da relevância de conhecer conteúdos científicos para elaborar uma série televisiva, inclusive com o objetivo de aumentar sua credibilidade (Quirantes Sierra, 2011). Os erros apontados não desqualificam o poder do episódio como recurso pedagógico, mas exibem a necessidade delineada por Ezquerro (2010) de o docente ser cuidadoso no processo de transposição didática dos conteúdos audiovisuais.

Osteoporose. A análise do legista sobre a osteoporose em astronautas no episódio permitiu ao docente debater a degradação óssea originada da ausência de força, ou melhor, da falta de luta do corpo contra a gravidade. Além de permitir o diálogo interdisciplinar.

A osteoporose é um distúrbio osteometabólico qualificado pela redução da densidade mineral óssea, desgaste da microarquitetura óssea e aumento da fragilidade esquelética. Tem um tratamento que visa aprimorar a força e a qualidade óssea, diminuindo o risco de fraturas (Menezes, Chaves e Farias, 2008).

Existe uma história que um astronauta, ao voltar de uma missão espacial, tem direito a sua aposentadoria. Isto parece um sonho para muitos, poderem antecipar o momento de descansar e não mais trabalhar, todavia não é tão simples assim. Estudos (Menezes, Chaves e Farias, 2008) observaram que astronautas perdem aproximadamente 14% da força óssea, a mesma perda comparada a de um idoso.

Por incrível que pareça não é uma fábula, muitos astronautas se aposentam devido à osteoporose, doença marcada pelo enfraquecimento ósseo. As áreas mais afetadas são o quadril e a coluna, locais onde, após um tempo de seis meses no espaço, já é necessário fazer uma cirurgia reparadora. Além disso, fraturas em vértebras da coluna vertebral podem ocorrer e propiciam a perda de altura, deformidades e fortes dores. Para minimizar os efeitos da osteoporose, os astronautas devem se exercitar pelo menos duas horas todos os dias, no espaço e após regresso à Terra.

A osteoporose é geralmente abordada como um tema transversal do bloco de meio ambiente e saúde nos conteúdos de ciências (Ministério da Educação e Cultura, 1997), por facilitar um tratamento interdisciplinar e representar uma mazela que aflige boa parte da população com mais idade, principalmente, do gênero feminino.

Pesquisa realizada por Guimarães, Echeverría e Moraes (2006) com docentes de Ciências da rede pública municipal de Goiás (Brasil) indicou que 62% dos professores consideravam a saúde como um conteúdo prioritário no ensino de Ciências, superado apenas pelo meio ambiente.

O programa aborda aspectos da osteoporose relacionados a viagens espaciais, o que pode servir de base para a discussão de conteúdos de física, química e biologia, além do tema saúde.

Trabalho de campo

Os educandos, ao saberem da proposta de assistir a um episódio de uma série televisiva para fins didáticos, manifestaram grande interesse e animação em participar da aula ao contrário do usual. Como destacado por García Borrás (2011), o recurso audiovisual pode induzir uma mudança na atitude do aluno.

Eles fizeram comentários sobre como seria bom se a prática fosse frequente. Uma aluna, por exemplo, falou: "Nossa, estou curiosa para saber como isso será feito, mas já estou feliz, porque pelo menos não será a mesma aula de sempre".

A classe assistiu ao vídeo atentamente, respondendo o questionário com cuidado, mesmo que parcialmente, sem exceções. Demonstrou vontade de aprender e de participar de novas rotinas em sala de aula. A aplicação de um questionário converge com a necessidade ressaltada por García Borrás (2005) de propor exercícios do tipo avaliativo para reforçar e complementar a ideia do aprendizado exposto.

Durante a discussão participativa, percebeu-se a construção do conhecimento por meio da organização dos pensamentos de maneira lógica. O interesse dos alunos nos conteúdos abordados pela série foi mais abrangente do que em aulas expositivas. Houve maior participação dos alunos nas discussões sobre as questões propostas do que em resoluções de exercícios de livros.

A participação do aluno na discussão dos conteúdos da série destacou o papel ativo do aprendiz na construção de seu conhecimento, não apenas no sentido de responder às perguntas, mas de refletir sobre aquilo que ele está sendo questionado.

Um aluno após a prática comentou: "Nenhum professor meu fez isso antes, por que eles nunca fazem? Na Física, parece que os professores só gostam de fórmulas. Não consigo decorar tudo".

Os educandos também auxiliaram uns aos outros, o que indica claramente a possibilidade do programa televisivo ser um recurso para a aprendizagem colaborativa.

Além disso, eles tentaram contextualizar a matéria com outros fatos que poderiam acontecer rotineiramente em suas vidas. Segundo Ezquerria Martínez e Polo Díez (2011), os estudantes têm grande dificuldade de detectarem conteúdos científicos em seu cotidiano. Por isso, práticas que induzam um papel ativo em mostrar onde o conhecimento escolar é aplicado no dia-a-dia devem ser incentivadas.

Até o professor ficou surpreso com a participação dos discentes e reconheceu os programas televisivos como bons recursos para o processo ensino-aprendizagem.

As atitudes do educador e dos educandos mostraram o impacto que um recurso embasado pelos conhecimentos científicos pode trazer para os conteúdos disciplinares, inclusive ao desfazer certo preconceito, por parte dos alunos, em relação às fórmulas.

Isso evidencia que um ensino decorativo e livresco não pode perpetuar em uma sociedade moderna. Recursos devem ser fornecidos aos professores para a adaptação às novas tecnologias e aos métodos educacionais propostos atualmente. Ezquerria (2010) também aponta a necessidade de mudar as formas de ensinar devido o avanço da sociedade de comunicação e destaca a importância da linguagem audiovisual.

Estudo realizado por Guimarães, Echeverría e Moraes (2006) com professores de Ciências da rede pública municipal de Goiás (Brasil) demonstrou que 32% dos docentes acham o uso de filmes e vídeos uma das três melhores estratégias de ensino existentes.

Análise do questionário

Na pesquisa, o questionário objetivou avaliar a capacidade dos educandos conectarem os conhecimentos adquiridos em aulas expositivas prévias com os apresentados no episódio. García Borrás (2005) inclusive ressalta a relevância da avaliação como elemento funcional no uso de recursos audiovisuais.

O questionário aplicado em sala de aula apresentava nove perguntas qualitativas. Uma era discursiva e oito, objetivas, com quatro ou cinco opções de resposta divididas em (a), (b), (c), (d) e (e). A seguir foram analisadas as respostas dos educandos às perguntas.

A primeira pergunta do questionário foi qual efeito da "gravidade zero", muito mencionada no vídeo, ocorreria sobre o astronauta: se aumento da sensação de peso, se ausência da sensação de peso, se não alterava nada ou sem resposta.

Mais de 96,0% optaram que o termo "gravidade zero" implicaria no astronauta ausência da sensação de peso. Logo, o conceito "gravidade zero", inexistente na prática, facilita ao aprendiz o entendimento que na atmosfera terrestre existe uma força que o direciona para o centro da terra, o seu peso. Uma vez no espaço, no qual o astronauta experimenta a chamada "gravidade zero", há a ausência da sensação da força peso.

A segunda questão foi sobre a velocidade de um corpo em queda na atmosfera. Essa abordou se podia considerar que quanto mais alto o corpo estivesse inicialmente em relação ao solo, sua velocidade sempre aumentaria aceleradamente até a chegada ao solo; se sua velocidade sempre aumentaria uniformemente até a chegada ao solo; se sua velocidade aumentaria chegando a um limite por maior que seja a queda; se sua velocidade seria uniforme ou sem resposta.

As distribuições percentuais das respostas, respectivamente, foram 6,2%, 47,0%, 34,3%, 12,5% e 0,0%. Apesar de a série elucidar o conceito corretamente, sem o auxílio do professor, tornou-se difícil a compreensão para o educando de que o corpo chega a uma velocidade máxima, quando está em queda na atmosfera. Como destacado por García Borrás (2005), o audiovisual é um apoio importante, mas complementar ao papel do professor. Apenas ao assistir ao vídeo, a maioria considerou erradamente o princípio de que a aceleração da gravidade não encontrava resistência, logo a velocidade do corpo aumentaria sem oposição.

A terceira indagação era discursiva. Relacionava-se ao pedido de elaborar um desenho esquemático das forças atuantes sobre o corpo durante a queda e estaria associada à pergunta anterior. Os alunos deveriam ter desenhado as forças atuantes num corpo em queda na atmosfera, todavia a maioria dos alunos não soube fazê-lo, e mesmo os que tentaram, não o fizeram de forma correta.

Apenas um aluno desenhou, além da força peso, uma força contrária denominada força vento mais poluição intuitivamente, ao imaginar uma resistência contrária ao movimento do corpo, como mostra a Figura 6.

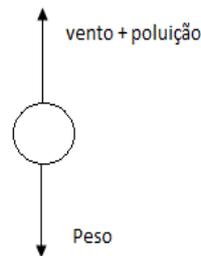


Figura 6.- Desenho de um educando ao exibir as forças que atuam no corpo em queda na atmosfera, uma das respostas dada à questão 3.

A quarta inquirição foi em relação à osteoporose. Perguntou-se aos alunos o que esta doença atinge no corpo humano: o coração, os ossos, os pulmões ou sem resposta.

Nas respostas, só foram marcadas as opções o coração e os ossos. Cerca de trinta e cinco por cento dos educandos assinalaram que a osteoporose atingia o coração, apesar de a doença ser tão divulgada na mídia, ministrada como tema transversal em muitas escolas e abordada de forma correta na série, o que pode demonstrar certo desconhecimento das principais patologias humanas atuais.

Ao analisar mais minuciosamente o vídeo, acredita-se que os educandos se perderam com a explicação dada de forma rápida no episódio, o que gerou confusão dos conhecimentos que possuíam e o que mostra a necessidade do professor revisar os conteúdos em classe.

Ao avaliar o ocorrido, percebe-se que no programa, quando o perito afirma o fato da vítima ter osteoporose, ele também faz menção ao fato dela ter falecido no espaço, pois percebeu que além da desmineralização óssea, os glóbulos vermelhos estufaram devido à microgravidade existente. Poucos minutos depois, o perito ao fazer uma nova análise afirmou:

(...) ele morreu no espaço, pois houve uma descompressão explosiva e com isso o líquido do seu corpo vaporizou, fazendo a pele e globos oculares congelarem e a maior parte de seu sangue ferver. Como o oxigênio escapou dos pulmões, os alvéolos estouraram. O corpo dele dobrou de tamanho com o inchaço dos gases escapando. Felizmente ele morreu por falta de oxigênio em segundos, o que foi bom, porque em seguida seu coração explodiu. (Frase de um dos peritos no episódio Miami, nós temos um problema).

Assim propõe-se que a doença citada anteriormente, a osteoporose, pode ter sido confundida por aqueles alunos que apresentam dificuldades de interpretação. Por conseguinte, outra hipótese é que as pessoas um pouco desatentas podem confundir conceitos mencionados corretamente. Isto confirma que é indispensável à discussão com os alunos ao final do vídeo.

A quinta pergunta era relacionada à quarta e aludia à causa da osteoporose nos astronautas: se por falta de gravidade; se por falta de exercícios físicos no espaço confinado da espaçonave; se por falta de oxigênio ou sem resposta.

Cerca de 80% vincularam a razão da osteoporose à falta de oxigênio, isso indica mais uma vez que os educandos associaram a fala de um dos personagens ao esclarecimento do caso com a explicação do que seria a osteoporose.

Quando o perito cita a osteoporose, ele compara o raio-X da medula óssea de uma pessoa com mais de quarenta anos com o da vítima. No vídeo, em nenhum momento mencionou-se que a doença estava associada à falta de oxigênio, mas sim que isso fora responsável pela morte do indivíduo devido à descompressão sofrida.

Portanto, a dificuldade apresentada pelos alunos na interpretação, seja de textos, vídeos ou filmes, acaba por prejudicar a análise crítica do episódio e, conseqüentemente, a conexão e o entendimento de conceitos científicos. Somente aproximadamente 9% dos educandos responderam corretamente, ou seja, que, no caso específico, a desmineralização acentuada dava-se pela falta de gravidade.

No que concerne à sexta questão, arguiu-se os educandos sobre qual seria a terceira lei de Newton: lei da ação e reação, lei da inércia, lei fundamental da dinâmica ou sem resposta. Cerca de 97% replicaram que seria a lei da ação e reação.

Essa foi citada na série depois que um dos peritos, ao atirar em um boneco numa simulação da microgravidade, é jogado para trás. Baseado nisto, determinou-se o atirador, pois este tinha uma lesão nas costas por bater na maçaneta da porta do avião, devido ao deslocamento ocasionado pela arma.

A sétima indagação do questionário perguntava a que se devia a sensação de falta de peso, quando o astronauta está em órbita: ausência da força peso, ausência da força normal, ausência de massa ou sem resposta. Neste caso, 60% dos estudantes optaram pela ausência da força normal, pois não há no espaço confinado nenhuma força de sustentação do corpo, já que o mesmo está "flutuando". Logo, a maior parte respondeu corretamente. Entretanto 40% dos alunos acreditavam que a sensação da falta de peso se devia à ausência da força peso, mas, na verdade, o corpo continuava a ter peso por mais que sua gravidade fosse pequena e não zero.

No que diz respeito à oitava questão, inquiriu-se os alunos sobre a que se devia a sensação de falta de peso, quando o astronauta está em um avião que simula a gravidade zero: ausência da força peso, ausência da força normal, ausência de massa ou sem resposta.

Cerca de 63% dos respondentes associaram a sensação de falta de peso com a ausência da força peso, porém, apenas 37% optaram pela falta da força normal. Como na questão anterior, pode-se dizer que este fato incide tanto a um astronauta em órbita, quanto a um avião que simula a "gravidade zero".

A pergunta nove do questionário indagava qual era a equação citada no vídeo para calcular quanto tempo eles teriam ainda na nave até a chegada à Terra, quando houve o vazamento de oxigênio: equação de Kepler, equação de Bernoulli, equação do 2º grau ou sem resposta.

Cerca de 88% escolheu a equação de Bernoulli. Por mais que o conceito não seja visto comumente no ensino médio, o vídeo cita a equação para calcular o vazamento de oxigênio. Empregando a equação, o perito seria capaz de determinar quanto tempo os astronautas teriam na nave para conseguir voltar à Terra. Conforme já explicado na análise documental, isso não seria possível pelo uso da equação, visto que a equação de Bernoulli, sozinha, não determina o tempo que eles teriam para regressar à Terra.

Então, é importante o professor, antes de mostrar um vídeo, verificar se os conceitos são passados de forma correta aos alunos e se os erros podem ser aproveitados de forma positiva no processo de ensino.

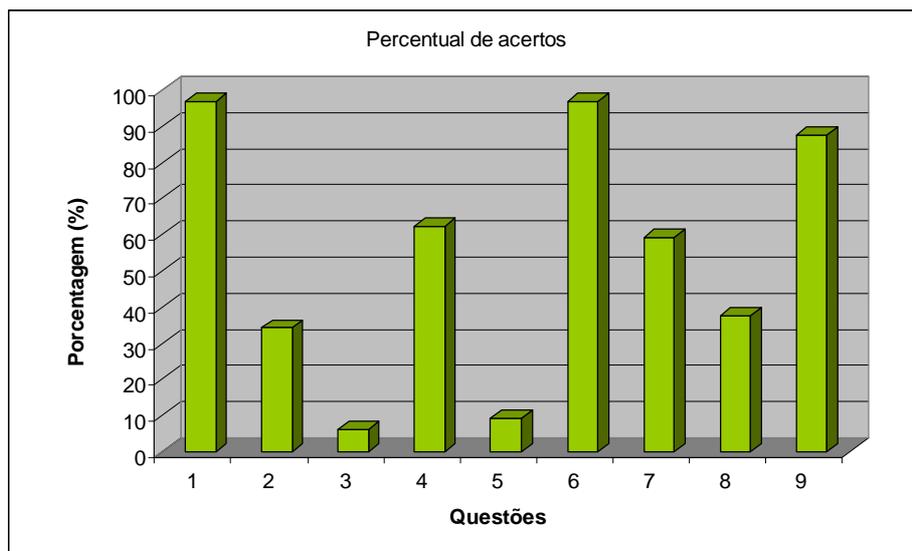


Figura 7.- Distribuição percentual de acerto por pergunta do questionário.

Na figura 7 observa-se a distribuição percentual de acerto por pergunta do questionário. Das nove indagações, apenas cinco obtiveram mais de cinquenta por cento de acerto: as questões um, quatro, seis, sete e nove. A questão três, que era discursiva, não foi corretamente respondida por nenhum educando e teve o menor índice de acerto. Considerou-se que apenas um aluno teria respondido a questão de forma parcialmente correta.

Trabalho de discussão dos conceitos científicos mencionados no episódio

Alguns trechos do vídeo foram usados em sala, após a entrega do questionário, para ilustrar os conteúdos disciplinares de acordo com o discutido na seção "Análise documental do episódio".

Os erros cometidos nos questionários reconhecidos pelos próprios alunos durante as explicações mostraram a possibilidade de o erro ser um mecanismo na construção do conhecimento do aluno, como o construtivismo sugere. O erro deve ser considerado uma forma de atingir fases mais avançadas de desenvolvimento cognitivo, ao mostrar o que não foi compreendido.

Segundo a percepção dos pesquisadores, os alunos pareciam motivados a discutir e destacaram a necessidade de revisar os conceitos. Como observado nas frases dos alunos:

“Só entendi depois da explicação.”

“Os vídeos deviam ser usados a cada explicação de conteúdo. Quando ouvi a explicação e vi o vídeo, consegui entender de verdade.”

“Nunca achei que poderia aprender vendo algo que gosto. Achei que só podia aprender vendo programa educativo.”

À medida que os tópicos foram discutidos, os alunos citaram suas dificuldades no entendimento bem como a razão de não terem conseguido relacionar o conteúdo didático aos trechos do vídeo.

A dificuldade mais citada foi esquecer os conceitos ministrados nas aulas expositivas. Um aluno, por exemplo, destacou: “Eu gostei da explicação com o vídeo, porque tive dúvida no questionário. Não lembrava alguns conceitos.”.

Os alunos mencionaram que após a explicação sobre os conteúdos com o apoio do vídeo foi possível fixar os conceitos discutidos e entender como relacioná-los a situações do dia-a-dia. Resultados semelhantes foram notados na pesquisa de Quirantes Sierra (2011), em que os alunos ressaltaram o uso de cenas de filmes para explicar conteúdos de Física como uma experiência positiva, capaz de fixar conceitos e recordar a matéria.

A principal razão apontada pelos alunos para não conseguir relacionar o conteúdo escolar ao vídeo foi a dificuldade de percebê-los em situações reais. Uma aluna, por exemplo, disse: “Nos livros, os conceitos de Física parecem ser feitos apenas para situações ideais.”.

Embora a série seja famosa por quase todo o mundo, essa apresenta conceitos errôneos de Ciências, o que muitas vezes pode dificultar o aprendizado. Por isso é indispensável que o educador debata em sala de aula os pontos do programa, tornando os conceitos errados passados no episódio em uma ferramenta para o ensino e para a análise crítica.

Conclusões

Neste estudo, o emprego de um episódio de uma série televisiva de investigação criminal foi destacado como recurso para discutir conceitos científicos. Sua utilização ligou-se a avaliação dos conteúdos exibidos e a conexão com atividades posteriores, como sugeriu García Borrás (2005).

A capacidade dos educandos conectarem os conhecimentos adquiridos em aulas expositivas de Física com os apresentados no episódio foi discutida. Houve dificuldades na resolução do questionário com exercícios

avaliativos, apesar dele ser baseado em um vídeo pelo qual os alunos demonstraram interesse.

A hipótese lançada na metodologia de “uma escola com grande potencial e estrutura, também, apresentar dificuldades no ensino de ciências” foi confirmada.

Em um estudo sobre um vídeo educativo, Ezquerria (2010) destacou que ver algo não correspondia a aprender e mostrar não perfazia ensinar. Dessa maneira, o debate em sala de aula após a exibição do vídeo foi imprescindível para serem encontradas as conexões corretas entre a ciência e os fenômenos apresentados na ficção. Segundo foi visto na análise das respostas ao questionário, o processo não ocorre automaticamente.

Consequentemente ressalta-se o papel essencial do professor como um elemento esclarecedor da matéria teórica e de sua aplicação prática. Ele, ao mediar à formação de novas informações e a reestruturação das já existentes, atua como um facilitador no processo de aprendizagem, um guia que possibilita a aquisição pelo educando de competências cada vez mais intrincadas. Esta atuação do docente no processo ensino-aprendizagem é destacada na teoria pedagógica do construtivismo.

Referências bibliográficas

Caldera-Serrano, J. (2006). Labor documental para programas de entretenimiento en las televisiones. *Ciência da Informação*, 35, 1, 16-24.

Chemello, E. (2006). Ciência forense: impressões digitais. *Química Virtual*, Dezembro, 1-11.

Dierking, L.D. (2005). Lessons without limit: how free-choice learning is transforming science and technology education. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, 12, suplementar, 145-160.

Doca, R.H.; Biscuola, G.J. e N.V. Bôas (2010). *Física volume 1*. São Paulo: Saraiva.

Donato, C.R. e M.A.T. Dantas (2009). CD-Rom como instrumento de aprendizagem significativa sobre a bioespeleologia sergipana. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4, 2, 39-47.

Duarte, R.; Leite, C. e R. Migliora (2006). Crianças e televisão: o que elas pensam sobre o que aprendem com a tevê. *Revista Brasileira de Educação*, 11, 33, 497-510.

Ezquerria Martínez, A. e A. Pro Bueno (2006). Posibles usos didácticos de los espacios meteorológicos de la televisión. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5, 1, 114-135.

Ezquerria Martínez, A. e A. Pro Bueno (2008). “¿Qué ropa me pongo?” Cómo percibe el alumnado los contenidos científicos con audiovisuales. *Investigación en la Escuela*, 64, 73-92.

Ezquerria, A. (2010). Desarrollo audiovisual de contenidos científico-educativos. Vídeo: “Las vacas no miran al arco iris”. *Enseñanza de las Ciencias*, 28, 3, 353-366.

Ezquerro Martínez, A. e A.M. Polo Díez (2010). Una exploración sobre la televisión y la ciencia que ve el alumnado. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9, 3, 696-715.

Ezquerro Martínez, A. (2012). Midiendo la realidad a través de la imagen. Una propuesta de enseñanza apoyada en la gramática visual. *Alambique*, 71, 7-21.

Falk, J.H. (2001). Free-choice science learning: framing the discussion. Em J. H. Falk (Ed.), *Free-choice science education: How we learn science outside of school* (pp. 3-20). New York: Teachers College Press.

Falk, J.H. e D. Coulson (2000). *Los Angeles science education research (L.A.S.E.R.) project: Telephone survey report*. Annapolis: Institute for Learning Innovation.

Fischer, R.M.B. (2002). O dispositivo pedagógico da mídia: modos de educar na (e pela) TV. *Educação e Pesquisa*, 28, 1, 151-162.

García Borrás, F.J. (2005). La serie C.S.I. como metáfora de algunas facetas del trabajo científico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2, 3, 374-387.

García Borrás, F.J. (2008). House: otra forma de acercar el trabajo científico a nuestros alumnos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5, 2, 212-228.

García Borrás, F.J. (2011). Las escenas cinematográficas: una herramienta para el estudio de las concepciones alternativas de física y química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8, 3, 291-311.

Greca, I. e M.A. Moreira (2010). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22, 1, pp. 1-11.

Guimarães, G.M.A.; Echeverría, A.R. e I.J. Moraes (2006). Modelos didáticos no discurso de professores de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 11, 3, 303-322.

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Proficiências médias por área do conhecimento no Enem, por escola. 2012. Em: <http://sistemasenem2.inep.gov.br/enemmediasescola>.

Kiddo's (2003). *Latin America Kids Study*. Notícia. Em: <http://www.andi.org.br>.

Kleer, A.A.; Thielo, M.R. e A.C. Kurtz-dos-Santos (1997). A Física utilizada na investigação de acidentes de trânsito. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 14, 2, 160-169.

Machado, C.A. (2008). Filmes de ficção científica como mediadores de conceitos relativos ao meio ambiente. *Ciência & Educação*, 14, 2, 283-294.

Mathewson, J.H. (1999). Visual-spatial thinking: an aspect of science overlooked by educators. *Science Education*, 83, 33-54.

Mcsharry, G. (2002). Television programming and advertisements: help or hindrance to effective science education? *International Journal of Science Education*, 24, 5, 487-497.

Menezes, R.; Chaves, L. e D.C. Farias (2008). Osteoporose. *Revista Brasileira de Reumatologia*, 48, 5, 301-304.

Mesquita, N.A.S. e M.H.F.B. Soares (2008). Visões de ciência em desenhos animados: uma alternativa para o debate sobre a construção do conhecimento científico em sala de aula. *Ciência & Educação*, 14, 3, 417-29.

Miller, J.D. (2001). The acquisition and retention of scientific information by American adults. Em J. H. Falk (Ed.), *Free-choice science education: How we learn science outside of school* (pp. 93-114). New York: Teachers College Press.

Ministério da Educação e Cultura (1997). *Parâmetros curriculares nacionais: apresentação dos Temas Transversais*. Brasília: Ministério da Educação e Cultura.

Ministério da Educação e Cultura (1998). *Parâmetros curriculares nacionais: introdução*. Brasília: Ministério da Educação e Cultura.

Moreira, M.A. (1999). *Aprendizagem Significativa*. Brasília: Editora UnB (coleção Publicações Acadêmicas do CESPE).

Moreira, M.A. (1999). *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU.

Negrini, N.O. (2002). Soluções Eletrônicas para Cálculos de Velocidade em Acidentes de Trânsito. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24, 2, 124-128.

Njaine, K. (2006). Sentidos da violência ou a violência sem sentido: o olhar dos adolescentes sobre a mídia. *Interface - Comunicação, Saúde, Educação*, 10, 20, 381-392.

O'Sullivan, T., Dutton, B. e P. Rayner (1998). *Studying the media: an introduction*. Londres: Hodder Arnold.

Piaget, J. (1978). *A Epistemologia Genética*. São Paulo: Abril Cultural.

Piaget, J. (1976). *Para onde vai a Educação?* Rio de Janeiro: Livraria José Olympio.

Pro Bueno, A. e A. Ezquerria Martínez (2005). ¿Qué ciencia ve nuestra sociedad? *Alambique*, 43, 37-48.

Quirantes Sierra, A. (2011). Física de película: una herramienta docente para la enseñanza de Física universitaria usando fragmentos de películas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8, 3, 334-340.

Schwertner, S.F. (2007). Análise das condições de produção de Cidade dos homens: articulações entre Educação e Comunicação. *Educação e Pesquisa*, 33, 1, 47-61.

Vidigueira, V.C.R. e A. Paiva (2006). *A influência da televisão no desenvolvimento sócio-emocional dos adolescentes*. Monografia. Licenciatura em Psicologia, Faculdade de ciências humanas e sociais. Universidade do Algarve, Portugal.