

A Robótica Educacional na discussão das forças de atrito

Educational Robotics in the discussion of frictional forces

Toni Fernando Mendes dos Santos

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
tonifsc@yahoo.com.br

Paulo José Sena dos Santos

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
paulo.sena@ufsc.br

Resumo

O presente trabalho tem como objetivos apresentar atividade desenvolvida e aplicada com duas turmas de primeiro ano do ensino médio de uma escola pública federal da cidade de Florianópolis-SC, fazendo uso da Robótica Educacional (RE) como ferramenta para o ensino de Física, particularmente, na discussão de conceitos relacionados às forças de atrito e discutir alguns resultados obtidos. Durante o desenvolvimento das atividades, amparados na literatura, buscamos entender quais as formas a robótica poderia ou estaria sendo empregada no ensino. Elaboramos, também, questões com objetivo de nortear as atividades, gerar reflexões e discussões entre os alunos sobre o fenômeno analisado. Ao final das atividades, observamos que o uso de questões problematizadoras, aliadas ao uso da robótica, pode aumentar a motivação dos estudantes e impulsionar discussões sobre conceitos envolvendo as forças de atrito.

Palavras chave: Ensino de Física, Robótica Educacional, forças de atrito.

Abstract

The objective of this work is to present an activity that was developed and applied in two first-year high school classes of a public school in the city of Florianópolis-SC. This activity used Educational Robotics (RE) as a tool for teaching physics, more specifically, the discussion of concepts related to the friction forces and also to debate some results obtained. During the development of the activities, based on literature, we sought to understand in which forms the robotics could be or have been used in teaching. We also elaborated questions to guide the activities, to generate reflections and discussions among the students about the phenomenon analyzed. At the end of the activities, we observed that the use of problematizations combined with the use of robotics, can increase student motivation and stimulate discussions about concepts involving frictional forces.

Key words: Physics Teaching, Educational Robotics, frictional forces.

A tecnologia e o Ensino de Física

Vivemos em um mundo onde o acesso à informação está cada vez mais rápido, a todo o momento, novos recursos tecnológicos estão sendo desenvolvidos. A Ciência caminha de forma entrelaçada à sociedade, modificando-a e ao mesmo tempo se modificando, os avanços tecnológicos não passam despercebidos, mas ao mesmo tempo parecem encontrar barreiras para passar pelos muros das escolas. A razão para o emprego tímido desses recursos pode ser diversa e não será nosso objetivo. Porém, uma coisa é certa, faz-se necessário alinhar o ensino às novas exigências da sociedade, pois cada vez mais, a tecnologia passa a ocupar destaque na vida das pessoas (TRENTIN; PÉREZ; TEIXEIRA, 2013).

Os alunos, cercados dos diferentes meios de comunicação, das mais diversas tecnologias, apresentam-se cada vez menos motivados a enfrentarem uma jornada de estudos, principalmente tratando-se de Física. Somado a isso, a grande abstração que essa ciência exige pode levar, na perspectiva estudantil, a falta de conexão com a realidade, além de outros problemas, não isolados a uma área específica, como falta de interdisciplinaridade, de interação dos alunos entre si e com o professor, da ausência de diálogo, de troca de ideias e reflexão acerca do que está sendo ensinado. Tais problemas são bastante complexos e difíceis de serem solucionados. Nesse sentido, pretendemos contribuir para o debate, procurando discutir alternativas que visem mitigar algumas das dificuldades elencadas e suavizar o degrau que existe entre a escola e a tecnologia presente no cotidiano dos alunos.

A inserção de novas tecnologias dentro das salas de aula pode propiciar o desenvolvimento de novas práticas docentes, gerar melhorias no processo de ensino e aprendizagem, porém, embora potencialmente benéfico, seu uso deve ser cuidadosamente planejado, pois de outra forma poderá gerar aplicações de caráter puramente tecnicista.

Atualmente, o uso da robótica dentro do contexto de ensino está em destaque, entretanto, assim como os computadores ou qualquer outra tecnologia, deverá ter na figura do professor um papel fundamental, qual seja, de instigador, mediador, articulador de todo o processo. Ele será o principal responsável por articular as interações, de promover os discursos dentro das aulas, deverá refletir sobre como transformar todo o potencial dessa ferramenta em benefícios pedagógicos, enriquecendo o processo de ensino e aprendizagem.

Porém, o uso da robótica por si só poderá não acarretar melhoras no processo de ensino e aprendizagem. Aliadas a essa ferramenta, o uso de questões problematizadoras pode ser uma abordagem interessante. Assim, neste trabalho analisaremos se o uso dessas questões, em uma atividade sobre força de atrito estático com uso da robótica educacional, possibilita o aumento da motivação dos estudantes e impulsiona as discussões sobre o tema.

Na próxima seção discutiremos brevemente as possíveis aplicações da robótica educacional apresentadas na literatura. Na sequência apresentaremos a metodologia, a atividade desenvolvida e algumas das questões propostas que permearam as atividades. Por fim, discutiremos alguns dos resultados obtidos e nossas considerações a respeito do uso da robótica.

A Robótica Educacional e possíveis vertentes de aplicação

A definição de Robótica Educacional (RE) é bastante ampla dentro da literatura. Uma das definições mais abrangentes é a encontrada no Dicionário Interativo da Educação Brasileira (2004), onde RE seria entendida como

[...] ambientes de aprendizagem que reúnem materiais de sucata ou kits de montagem compostos por peças diversas, motores e sensores controláveis

por computador e softwares que permitam programar de alguma forma o funcionamento dos modelos montados. (DICIONÁRIO INTERATIVO DA EDUCAÇÃO BRASILEIRA, 2004).

Podemos pensar: que diferença há entre a RE e uma atividade laboratorial automatizada que comumente ocorre nos laboratórios de física? A diferença está nas ações desempenhadas pelos alunos. Nas atividades envolvendo a RE são os estudantes que pensam, discutem, manipulam e, principalmente, programam os modelos montados ou tem a possibilidade de alterar a programação, enquanto nas demais atividades, tais ações não competem a eles.

Como destacam Rouxinol et al (2011), a robótica em si não é uma área tão nova, porém sua aplicação à educação é bastante recente, inclusive no cenário internacional, apresentando grande potencial para exploração. Além do caráter motivacional, é apontada como sendo capaz de abordar diversos objetivos de ensino através de uma ampla gama de disciplinas e por possuir fortes características experimentais pode apoiar inovadoras abordagens construtivistas de ensino e aprendizagem (FRANGO et al, 2008). Mitnik et al (2009) sugerem que ela seria um caminho natural a ser utilizado no Ensino de Física, principalmente por meio de atividades experimentais, pois o uso de dispositivos eletromecânicos capazes de interagir com o mundo sob o comando dos alunos, gera afastamento de uma abordagem mais abstrata de ensino. Dessa forma, entendemos que há indicações de que a robótica possa contribuir para introduzir novas práticas docentes.

Em nosso trabalho, desenvolvemos atividades usando a robótica para discutir as forças de atrito. Para isso, procuramos pesquisar de que maneiras a RE estava sendo empregada dentro do ensino (preferencialmente Ensino de Física) e utilizar essa informação como ponto de partida. Realizando uma breve revisão bibliográfica através de pesquisas feitas em anais de eventos da área de Educação, Ensino de Ciências, Ensino de Física, produções acadêmicas de revistas e no banco de teses e dissertações no portal de periódicos da CAPES/MEC, conseguimos encontrar alguns trabalhos e percebemos que a robótica pode assumir diversos papéis dentro do processo de ensino, dependendo principalmente das intenções pedagógicas do professor e do seu posicionamento frente ao uso da tecnologia.

Em linhas gerais, podemos dizer que: a robótica poderá adquirir um caráter mais prático ao ser empregada para coleta de dados de forma automatizada, como também poderá ser utilizada de forma conjunta com questões semiabertas, onde os alunos poderão escolher algumas das variáveis que desejam observar, podendo ser levados a refletir sobre determinados aspectos do fenômeno em questão, ou ainda, empregada numa perspectiva que envolva questões abertas, inseridas através de situações que visem problematização de um ou mais conceitos. Dessa forma, classificamos o emprego da RE dentro de duas grandes vertentes: coleta de dados ou em conjunto com situações problematizadoras.

Quando utilizada para coleta automática de dados em atividades experimentais, a RE contribui, entre outros fatores, para a celeridade nos processos de aquisição de informações, aumentando o tempo que o professor tem para discutir aspectos físicos envolvidos no fenômeno analisado, além de poder utilizar esses dados para trabalhar habilidades gráficas com os alunos.

Utilizando a RE nesse viés, podemos citar, como exemplo, os trabalhos de Martinazzo et al (2014) e Cavalcante, Tavolaro e Molisani (2011), que trazem várias exemplos de aplicações da robótica, mais especificamente, o uso da placa Arduino na aquisição de dados em atividades experimentais.

A segunda possibilidade é o Ensino de Física através de situações problematizadoras envolvendo questões abertas ou semiabertas valendo-se dos recursos oferecidos pela RE,

onde os alunos tentarão, em grupos, discutir e encontrar soluções para as atividades propostas. Durante as atividades espera-se o surgimento de discussões do tipo aluno-aluno, professor-aluno, onde de forma mais natural conceitos necessitarão ser aprendidos, discutidos e aprofundados.

Nessa perspectiva, temos o trabalho dos professores Schivani e Pietrocola (2012) que, baseando-se na Teoria Antropológica do Didático (TAD), pesquisaram como, utilizando a RE em Ensino de Física, poder-se-ia desenvolver atividades que tivessem um bom grau de relação com a realidade e com as quais se pudessem ter “pretensões reais de ensinar conceitos e tópicos de Física” (SCHIVANI; PIETROCOLA, 2012, p.4). Outro trabalho que merece atenção, principalmente por apresentar uma proposta didático-metodológica, é o dos autores Trentin et al (2015) que, utilizando materiais de baixo custo e um software livre, produziram uma sequência de atividades com o objetivo de desenvolver habilidades metacognitivas com o uso da RE, e para tal escolheram discutir conceitos de cinemática.

Metodologia

O trabalho foi realizado numa escola pública federal da cidade de Florianópolis - SC, com 02 turmas de primeiro ano do ensino médio, com aproximadamente 25 alunos por turma. As atividades ocuparam 08 aulas de aproximadamente 45 minutos. Além disso, foram previstos horários de atendimento no contra turno para discussões de eventuais dúvidas e possibilidade de conclusão das atividades.

Os estudantes foram divididos em grupos de cinco e, junto aos kits de robótica, receberam questões problematizadoras que tinham como objetivo a reflexão sobre o fenômeno. Foram coletados dados de forma documental através de diários de campos e relatórios. A partir das questões, estabelecemos para controle, que elementos deveriam ser encontrados nas respostas dos alunos para evidenciar se as atividades estavam tendo o resultado esperado.

A análise foi do tipo qualitativa, pois as perguntas tinham caráter exploratório, onde o objetivo era levantar ideias, concepções que os estudantes tinham a respeito de determinado fenômeno, ou simplesmente, fazê-los refletirem acerca de uma dada situação, discutindo conceitos.

Neste trabalho, analisamos como as respostas dos estudantes se enquadram em padrões baseados em algumas concepções sobre o papel do atrito nos movimentos (tabelas 1 e 2). Também, avaliamos o potencial das questões para a geração de reflexões e discussões de conceitos.

Questões:	Padrões de resposta esperados:
1) Você já pensou viver em um mundo sem a existência de forças de atrito. Como esse mundo deveria ser? Objetivo da questão: Levantar que tipo de visão os alunos possuem sobre o atrito, qual papel teria o atrito nos fenômenos por eles observados.	- Sem o atrito os objetos e pessoas ficariam sempre deslizando; - não haveria movimento porque sem o atrito não temos como andar; - não poderíamos parar um movimento porque não haveria como impor resistência a ele.
2) Sem a presença de forças de atrito, poderia existir movimento? Objetivo da questão: Levantar que tipo de visão os alunos possuem sobre o atrito, qual papel teria o atrito nos fenômenos por eles observados. Gerar reflexões sobre o fenômeno.	- não, porque sem atrito não conseguimos sair do lugar; - não, porque sem atrito não teríamos como andar, empurrar coisas, etc. ; - sim, porque o atrito apenas atrapalha o movimento; - sim, porque sem atrito as coisas nunca parariam de se

	movimentar; - não sei.
--	---------------------------

Tabela 1. Exemplos de questões propostas antes da atividade.

Questões:	Padrões de resposta esperados:
3) De acordo com os resultados de sua experiência, a força de atrito modifica-se dependendo dos tipos de superfície que interagem entre si? Explique um pouco o que você observou. Objetivo da questão: conduzir os alunos a refletir sobre as propriedades da força de atrito, que ela é dependente das características das superfícies em contato, não uma característica própria, constante de uma superfície qualquer.	- Esperamos que os alunos consigam observar que cada par de superfícies que interagem apresentam diferenças em relação à força de atrito estático. Logo, possam relacionar que a força de atrito depende da constituição, das características físicas das superfícies em contato. Uma mesma superfície pode possuir coeficientes de atrito diferentes, pois não é uma característica da superfície em si, mas de uma interação.
4) Você já deve ter percebido que quanto mais pesado é um objeto, mais difícil é arrastá-lo por uma superfície. Será que o peso ou a massa desse objeto tem alguma coisa a ver com a força de atrito? Objetivo da questão: contribuir para que os alunos reflitam sobre quais fatores são importantes e quais parecem importantes para determinação da força de atrito. Questionar a validade do uso de nossas percepções.	- Podem ocorrer dois tipos de respostas: a primeira argumentando positivamente, que sim, quanto maior a massa de um objeto mais difícil movê-lo porque a força de atrito é maior, não relacionando a dificuldade à inércia. A segunda classe de respostas estaria argumentando negativamente, que a força de atrito não tem relação com a massa do objeto, porém tal resposta pode ou não ter argumentos que a justifiquem. Devem ser observados os argumentos utilizados para verificar o grau de compreensão dos alunos.
- A massa de um objeto altera o coeficiente de atrito entre esse objeto e a superfície em que ele está apoiado? Objetivo da questão: contribuir para que os alunos reflitam sobre quais fatores são importantes e quais parecem importantes para determinação da força de atrito. Questionar sobre a validade do uso de nossas percepções.	- Esperamos que os alunos respondam negativamente, observando que a massa do objeto não altera as propriedades de interação entre as superfícies em contato, ou seja, dois objetos constituídos do mesmo material, mas com massas diferentes, caso sejam colocados sobre a mesma superfície, apresentarão o mesmo coeficiente de atrito estático máximo, apesar do módulo da força de atrito diferir. - Pode haver respostas afirmando que sim, que o coeficiente de atrito estático depende da massa do objeto, havendo nesse caso, confusão dos conceitos coeficiente de atrito e força de atrito.

Tabela 2: exemplos de questões propostas após a atividade.

Os estudantes ainda responderam questões que visavam avaliar as atividades desenvolvidas. Ao final apresentaremos os aspectos positivos e negativos apontados, além das principais dificuldades relatadas.

As atividades

Para confecção das atividades foram usados kits educacionais da empresa Atto, sendo 02 kits estruturais e 08 kits de robótica. Os kits estruturais contêm peças de diversos formatos que se encaixam e podem servir como base para montar os modelos programáveis. Os de robótica contêm diversos sensores (luz, distância, temperatura, etc.) e atuadores (motores, servomotores), além de um bloco (AttoBox) que contém a placa Arduino conectada a várias saídas USB. Para a programação foi usado o Ardublock, o qual faz uso de uma linguagem de

programação gráfica que permite programar com blocos utilizando funções pré-definidas. Por ser bastante intuitivo, em pouco tempo sua dinâmica de uso foi dominada pelos alunos.

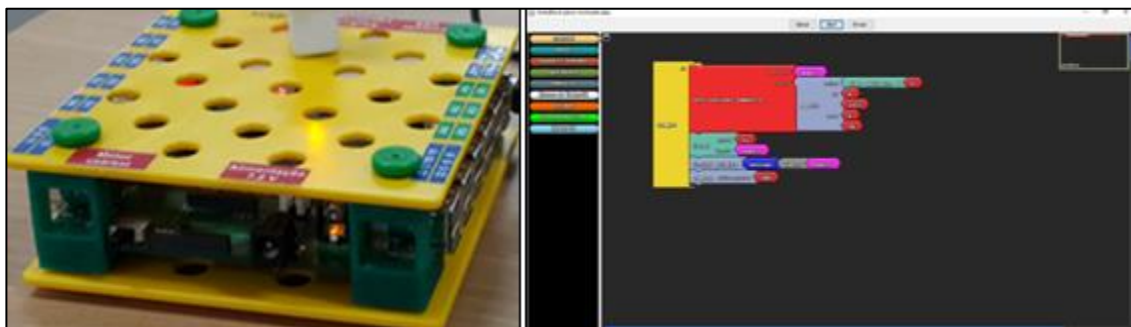


Figura 1: À esquerda, placa do kit de robótica (Attobox). À direita, Ardublock. Fonte: elaborada pelo autor.

Foram elaboradas atividades envolvendo atrito estático e cinético, porém, antes da aplicação, os alunos tiveram uma aula de ambientação, onde puderam conhecer as partes componentes dos kits e o ambiente de programação. Focaremos apenas na atividade e produções relativas ao atrito estático.

Cabe ressaltar que os alunos já haviam tido algumas aulas sobre o atrito, entretanto, os pontos que seriam trabalhados nas atividades não foram abordados nas aulas. Após a conclusão dos trabalhos, houve novamente uma discussão em grande grupo sobre os resultados alcançados e para dar fechamento aos conceitos trabalhados.

A atividade experimental consistia basicamente em obter diferentes coeficientes de atrito estático, além de introduzir questões problematizadoras para gerar reflexão e discussão nos pequenos grupos. Havia questões para serem respondidas antes, outras no decorrer ou após serem realizados os procedimentos, cada qual com objetivos específicos (Veja Tabelas 1 e 2).

Após responderem as questões, os alunos deveriam programar um servo-motor para movimentar um plano inclinado, sendo que a inclinação desse era controlada por eles ao girar um potenciômetro. Fixado a superfície do plano havia uma folha de papel sulfite, sobre a qual era colocado um pequeno bloco de madeira com faces que apresentam diferentes materiais. Um lado do bloco era de EVA, outro de cartolina, e dois lados de lixa nº 20, porém com áreas diferentes.

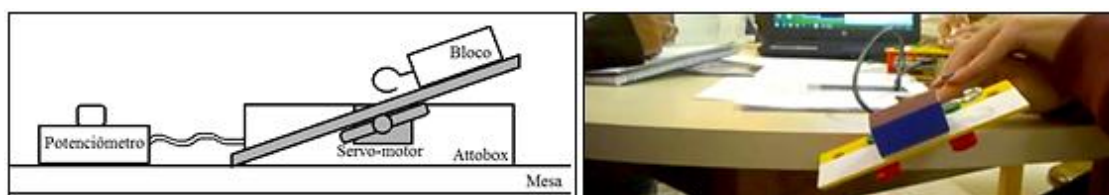


Figura 3: À esquerda, esquema de montagem. À direita, atividade sendo realizada pelos alunos. Fonte: elaborada pelo autor.

Os alunos deveriam observar no monitor qual seria o ângulo a partir do qual o bloco entraria na iminência do movimento, repetindo o procedimento no mínimo cinco vezes para obter a média.

Resultados

Durante o trabalho, refletimos sobre os problemas em introduzir novas ferramentas tecnológicas no contexto das salas de aula, pois estamos cientes da carga horária semanal

disponível para as aulas de física na maioria das escolas públicas. Os alunos necessitam conhecer e se adaptar aos novos materiais para depois começarem a explorá-lo de outras formas, isso pode levar tempo, o que nem sempre se tem. Entretanto, havendo tempo suficiente para se desenvolver esse tipo de trabalho, pode-se perceber um grande potencial para melhorar o Ensino de Física, principalmente no sentido motivacional.

Pretendemos discutir aqui alguns dos resultados obtidos com base nas respostas dos estudantes. O objetivo principal das questões era verificar se as atividades envolvendo a RE seriam capazes de aumentar a motivação dos estudantes e impulsionar discussões sobre conceitos envolvendo as forças de atrito.

Primeiramente, antes de entrar na discussão das respostas, cabe destacar que observamos sim um aumento considerável na motivação dos alunos, o que se estendeu pelas 08 aulas que todo o projeto ocupou. As atividades envolvendo atrito estático abarcaram metade deste tempo. A RE foi capaz de elevar o grau de interação na sala de aula e foi possível notar crescente envolvimento dos alunos no decorrer das atividades, até mesmo daqueles que não queriam se envolver com a programação. Aproveitando esse contexto de motivação, inserimos algumas questões problematizadoras para nortear as discussões, as quais eles não estavam acostumados a trabalhar. Apesar das inúmeras dúvidas de como responder questões desse tipo, não houve nenhuma resistência dos alunos e ao final eles acabaram gostando de trabalhar dessa maneira.

As primeiras duas questões eram de cunho exploratório e pretendiam conduzir os estudantes a uma reflexão sobre o atrito. Certamente dentro do grupo existiam visões diferentes, mas após discutirem, uma resposta deveria ser entregue. Contabilizando as duas turmas, foi possível dividir os alunos em 10 grupos.

Em relação à primeira pergunta, observamos dois tipos de respostas, o que já era esperado. O primeiro padrão de resposta, de que não haveria movimento, surgiu em três grupos. Disseram que seria muito difícil ou impossível iniciarmos um movimento, porém, essa afirmação estava relacionada à questão de não conseguirmos caminhar. O outro padrão foi de que os movimentos seriam permanentes. O grupo 2 ainda argumentou que, embora não fosse possível iniciar um movimento, objetos que já estivessem se movendo ficariam em MRU. Surgiram, também, reflexões bem intrigantes, que fugiram dos padrões esperados:

“Seria um mundo onde não teria mudança do estado de movimento, não teria tecnologia, pois ninguém conseguiria segurar objetos. Não iríamos sobreviver, pois seríamos incapazes de se alimentar e fazer as coisas básicas para a sobrevivência.” (grupo 6)

Houve respostas bastante complexas, onde a ideia de atrito foi extrapolada para fora do contato entre duas superfícies, chegando ao ponto de relacionarem o atrito com o arrasto provocado pelo ar, evidenciando um maior grau de reflexão sobre o fenômeno.

A segunda questão poderia ser entendida como uma extensão da primeira. Novamente as respostas dividiram-se em: haveria movimento e não haveria. Os que argumentaram a favor disseram que eles seriam permanentes uma vez que não haveria atrito para parar os objetos, como o que acontece no espaço, por exemplo, conforme abordado pelo grupo 1. Dois grupos (4 e 5) julgaram impossível haver movimento, porque simplesmente não poderíamos empurrar uma superfície. Também surgiram respostas argumentando com base na terceira lei de Newton.

“Não, porque sem o atrito não conseguiríamos empurrar o chão e o chão não conseguiria nos empurrar em resposta, impossibilitando o movimento.” (grupo 5)

Houve casos de respostas intermediárias, onde foi argumentado de que até poderia haver

movimento, mas não conseguiríamos inicia-los, ou seja, apenas o que já estivesse em movimento continuaria, o que estivesse parado, permaneceria parado.

De forma geral, as questões acima cumpriram seus objetivos, os quais eram: levar os alunos a discutirem possibilidades e refletirem sobre o fenômeno estudado.

Em relação à questão três, esperávamos conduzir os alunos a refletir sobre as propriedades da força de atrito, em especial ao fato de ela não ser uma propriedade de uma superfície, mas algo que surge de uma interação. Como naquele momento não havíamos trabalhado a relação entre a tangente do ângulo e o coeficiente de atrito, esperávamos que os alunos relacionassem as diferentes inclinações tomadas pelo plano, com uma maior ou menor dificuldade em colocar o objeto em movimento, ou seja, a força de atrito estaria de uma forma relacionada com essa inclinação, como uma grandeza que se altera conforme diferentes superfícies interagem. Isso foi evidenciado em todas as respostas.

“Sim, dependendo das superfícies que estavam em contato, o objeto começava a cair em diferentes ângulos. Quanto maior era o atrito, maior era o ângulo.” (grupo 1)

Porém, nem todos os grupos conseguiram entender a força de atrito como algo proveniente de uma interação entre duas superfícies. Alguns grupos mencionaram a força de atrito como algo presente no objeto, como uma propriedade do objeto, não de uma interação.

“(…) Observamos que objetos mais lisos possuem menos atrito comparado a superfícies mais ásperas.” (grupo 2)

O fato de não termos alterado a superfície do plano inclinado, apenas das faces dos blocos, pode ter contribuído para que alguns alunos interpretassem que o atrito dependia apenas da superfície do bloco. Para atividades futuras, alterar a superfície do plano talvez deixe a questão da interação mais evidente.

Em relação à questão quatro, essa poderia ter várias respostas. Mais uma vez, esperávamos dois tipos: a primeira trataria o aumento da massa do objeto como algo que capaz de modificar a compressão sobre a superfície que o sustenta, logo, um aumento da massa aumentaria a normal e conseqüentemente o atrito; a segunda, poderia interpretar a normal como algo independente do peso, da massa, uma vez que tais forças nem sempre estabelecem relação. Foram verificadas as duas, cada qual com suas respectivas argumentações.

“Sim, pois quanto mais pesado, mais pressão ele põem no chão, ou seja, a força normal aumenta.” (grupo 1)

“Sim, pois quanto mais pesado o objeto, mais ele vai comprimir a superfície, interferindo na força de atrito.” (grupo 4)

“Nem sempre o peso tem a ver, tudo depende da força normal e quanto o objeto comprime a superfície.” (grupo 3)

“Não, não teria uma relação, pois em um ângulo de 90° sob a influência de uma pressão¹, ainda terá o atrito. O atrito tem a ver com a força normal, que pode ser feita pela força peso ou outra força feita.” (grupo 6)

Como os alunos já haviam estudado as três leis de Newton, isso contribuiu para que alguns grupos dessem respostas mais complexas, estabelecendo ligações com conceitos que já haviam sido trabalhados.

Deste modo, ao fim das atividades, foi possível observar um amadurecimento dos alunos em discutir suas dúvidas, expor suas ideias, trabalhar em grupo, entre outras habilidades.

¹ Referia-se a força.

Considerações finais

Planejar e executar atividades envolvendo RE não é tão complicado quanto possa parecer, porém, exige do professor bastante tempo para ler e refletir sobre como irá utilizar a robótica para não dar a ela um caráter vazio, apenas focando na prática, ou ainda, utilizar um aparato tecnológico como mero incremento de uma prática laboratorial comum sem provocar nos alunos maiores reflexões. Utilizar a motivação proporcionada pela robótica para modificar a postura dos alunos pode ser o maior ganho.

As questões abertas, inicialmente um problema já que não estavam acostumados, foi algo citado pelos estudantes como fundamental para gerar discussões bastante interessantes, envolvendo tanto aspectos diretamente relacionados à prática experimental, como para além dela. Percebemos que, para boa parte dos grupos, as discussões ultrapassaram o caráter superficial, pois eles estavam interessados em construir respostas satisfatórias para as questões propostas.

Ao fazer uso de questões problematizadoras junto à RE, o professor deve ter em mente que seu papel não será dar respostas prontas, nem ficar explicando à míude todos os detalhes. Uma das formas mais interessantes de se lidar é oferecer outra pergunta que possa leva-los ao entendimento por construção própria. Isso é algo que não estamos acostumados, mas a prática pode melhorar o processo.

Através dos relatórios entregues aos alunos, também foi possível perceber que, além da motivação provocada pelo uso da robótica, a importância do trabalho em grupo foi um ponto alto. Os benefícios levantados pelos alunos são bastante importantes, inclusive porque sinaliza o trabalho em grupo como uma dinâmica capaz de promover a argumentação entre pares, a troca de ideias, a socialização das dúvidas e certezas, o diálogo na construção de conceitos. Essa questão já era algo apontado na literatura. Miranda e Suanno (2009), por exemplo, também identificaram que as aulas com o uso da RE incentivavam a prática do trabalho em grupo e inovavam este processo, pois permitiam aprender “melhor a ouvir e expor as ideias de cada aluno” (MIRANDA; SUANNO, 2009, p. 8077).

Outro ponto que cabe destacar foi que, por termos utilizado um ambiente mais amigável, como o Ardublock, os alunos não citaram dificuldades com a programação. Após uma simples aula sobre os comandos e funções dos blocos, eles já foram capazes de manusear e explorar o programa de forma autônoma, e por trabalharem em grupos, o processo foi facilitado.

Por fim, cabe-nos destacar que sim, a RE pode contribuir para discussão de conceitos relacionados às forças de atrito, assim como poderá contribuir na discussão de diversos outros conceitos. Mas sua aplicação sozinha não trará benefícios, emprega-la sozinha poderá não trazer bons resultados, as atividades deverão estar permeadas por questões envolventes, instigantes, que busquem trazer inquietações nos alunos, ai sim, aproveitando a motivação provocada pela robótica, as atividades ganharão outros contornos, tornarão as aulas de física mais interessantes, poderão contribuir no sentido de chamar os alunos a participarem do processo de construção de seu próprio conhecimento, mesmo que esse processo se dê de forma gradual e não homogênea dentro dos grupos.

Agradecimentos e apoios

Queríamos agradecer aos professores de física do Colégio de Aplicação, por apoiarem incondicionalmente esse trabalho, principalmente o professor Reginaldo Manoel Teixeira, por ceder duas turmas e por suas contribuições sempre construtivas durante todo o processo.

Agradecer, também, a CAPES pelo apoio financeiro, sem o qual seria inviável a realização desse trabalho.

Referências

CAVALCANTE, M.A; TAVOLARO, C.R.C.; MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.33, n.4, dezembro, 2011.

DICIONÁRIO INTERATIVO DA EDUCAÇÃO BRASILEIRA. Agência Educa Brasil. Disponível em: <http://www.educabrasil.com.br/robotica-educacional/>. Acesso em: 15 de fev. 2016.

FRANGOU, S; PAPANIKOLAOU, K; ARAVECCHIA, L; MONTEL, L; IONITA, S; ARLEGUI, J; PINA, A; MENEGATTI, E; MORO, M; FAVA, N; MONFALCON, S; PAGELLO, I. Representative examples of implementing educational robotics in school based on the constructivist approach. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SIMULATION, MODELING AND PROGRAMMING FOR AUTONOMOUS ROBOTS (SIMPAN), 2008. **Proceedings...** Venice (Italy) 2008, p. 54-65.

MARTINAZZO, C.A; TRENTIN, D.S; FERRARI, D; PIAIA, M.M. Arduino: uma tecnologia no Ensino de Física. **Perspectiva**, v.38, n.143, setembro, 2014.

MIRANDA, J. R; SUANNO, M. V. R. Robótica pedagógica: prática pedagógica inovadora. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO – EDUCERE. III ENCONTRO SUL BRASILEIRO DE PSICOPEDAGOGIA, 9, 2009, Curitiba. **Anais...** Curitiba: PUCPR, 2009, p.1-14.

MITNIK, R; RECABARREN, M; NUSSBAUM, M; SOTO, A. Collaborative robotic instruction: A graph teaching experience. **Computers & Education**, 2009, v. 53, n.2, p. 330-342.

ROUXINOL, E; SCHIVANI, M; ANDRADE, R; ROMERO, T. R. L; PIETROCOLA, M. Novas tecnologias para o ensino de física: um estudo preliminar das características e potencialidades de atividades usando kits de robótica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011, Manaus. **Anais...** São Paulo: SBF, 2011, p. 1-10.

SCHIVANI, M; PIETROCOLA, M. Robótica Educacional no Ensino de Física: estudo preliminar sob uma perspectiva praxeológica. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 14, 2012, Maresias. **Anais...** São Paulo: SBF, 2012, p. 1-10.

TRENTIN, M. A. S; PÉREZ, C. A. S; TEIXEIRA, A. C. A robótica livre no auxílio da aprendizagem do movimento retilíneo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (CBIE), 2, 2013, Campinas. WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA (WIE), 19, 2013, Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2013, p. 51-59.

TRENTIN, M.A.S; ROSA, C.T.W; ROSA, A.B; TEIXEIRA, A.C. Robótica educativa livre no Ensino de Física: da construção do robô à elaboração da proposta didática de orientação metacognitiva. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v.8, n.3, agosto, 2015.