



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
FÍSICA LICENCIATURA

MARIA JOSÉ BATISTA DE AGUIAR FRANÇA

**EXPERIMENTAÇÃO COM BRINQUEDOS EM UMA ABORDAGEM DE ENSINO
POR INVESTIGAÇÃO**

Caruaru

2019

MARIA JOSÉ BATISTA DE AGUIAR FRANÇA

**EXPERIMENTAÇÃO COM BRINQUEDOS EM UMA ABORDAGEM DE ENSINO
POR INVESTIGAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física-Licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Graduada em Física.

Área de concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Augusto César Lima Moreira.

Caruaru

2019

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

F837e França, Maria José Batista de Aguiar.
Experimentação com brinquedos em uma abordagem de ensino por investigação. /
Maria José Batista de Aguiar França. – 2019.
41f. ; il. : 30 cm.

Orientador: Augusto César Lima Moreira.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de
Pernambuco, CAA, Licenciatura em Física, 2019.
Inclui Referências.

1. Experimentos. 2. Investigação. 3. Brinquedos. 4. Software. I. Moreira, Augusto
César Lima (Orientador). II. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2019-205)

MARIA JOSÉ BATISTA DE AGUIAR FRANÇA

**EXPERIMENTAÇÃO COM BRINQUEDOS EM UMA ABORDAGEM DE ENSINO
POR INVESTIGAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Física-licenciatura da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de licenciada em Física.

Aprovada em: 10/06/2019.

BANCA EXAMINADORA

Prof^o. Dr^o. Augusto César Lima Moreira (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Paulo Henrique Ribeiro Peixoto (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Mr. José Renato dos Santos Silva (Examinador Externo)

Docente do Colégio Interativo de Caruaru/PE

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me carregado em momentos que só Ele sabe e por ter me dado todas as ferramentas necessárias para lutar cada luta que lutei até hoje. Agradeço ao meu pai por todo o esforço empenhado e por ter me ensinado com sua história que desistir não é uma opção. Agradeço a minha mãe por ter segurado na minha mão quando necessário e por me ensinar que existem caminhos que não devem ser percorridos.

Agradeço ao meu marido por simplesmente estar ao meu lado, por nunca duvidar de mim e por sempre me incentivar a ser melhor. Agradeço aos meus irmãos por sempre me apoiarem e por me passarem a certeza de que independentemente do que aconteça estarão ao meu lado.

Agradeço a cada professora e professor que foram capazes de me ensinar e de me inspirar de alguma forma. Agradeço de forma especial a aqueles que me incentivaram a seguir mesmo quando eu não acreditava que conseguiria e de forma ainda mais especial ao Professor Charlie Salvador por ter me ensinado que cada um tem seu ritmo e que o segredo não está em ser grande, mas sim, em nunca parar de crescer.

Agradeço aos meus amigos(as) por tonarem o percurso dentro da Universidade mais leve e divertido. Agradeço de forma especial a Maninho, Bruno, Marcio, Fernando, Amanda e Rafinha por todo os estudos em grupo, por todo o conhecimento dividido e por todos as lições que levarei para o resto da vida.

RESUMO

Este TCC, apresentado ao curso de Física-Licenciatura, aborda o tema da experimentação, na perspectiva do Ensino por Investigação, desenvolvida a partir da utilização de brinquedos. A experimentação de acordo com o Ensino por Investigação, diferentemente de uma atividade experimental tradicional, deve levar o aluno a realizar procedimentos e ações que o levem a desempenhar um papel ativo dentro do seu próprio processo de aprendizagem. Na abordagem investigativa o aluno é quem deve desenvolver suas próprias hipóteses e testá-las e o professor deve apenas orientar o trabalho dos alunos a partir de indagações que os levem a raciocinar e desenvolver novas ações a partir de análises dos passos que já foram realizados e a partir dos próprios erros. Considerando esses aspectos e partindo da eminente necessidade de se desenvolver alternativas de ensino que tenham potencial significativo e que seja de fácil acesso, destacamos a utilização de brinquedos como objetos para a realização das atividades experimentais investigativas. Neste sentido, o principal objetivo aqui realizado foi o de desenvolver uma alternativa de atividade experimental investigativa a partir da utilização de Carrinhos Hot Wheels e do Software Tracker. Dessa forma a metodologia se dedicou ao desenvolvimento de tal alternativa, e dentro desse processo o alvo da investigação realizada se refere a compreensão do comportamento da conservação da energia mecânica em um Carrinho Hot Wheels. Com o desenvolvimento dessa investigação foi possível constatar diferentes aspectos dos fenômenos relacionados a conservação de energia mecânica, o que comprova o potencial investigativo e significativo presentes nas atividades experimentais desenvolvidas com o uso de brinquedos e o seu grande potencial para a utilização em sala de aula.

Palavras-chave: Brinquedos. Ensino por investigação. Experimentação. Software Tracker.

ABSTRACT

This monograph, presented to the Licentiate Physics course, addresses the theme of experimentation, from the perspective of Research Teaching, developed from the use of toys. Experimenting with Research Teaching, unlike a traditional experimental activity, should lead students to perform procedures and actions that lead them to play an active role in their own learning process. In the investigative approach the student is the one who must develop their own hypotheses and test them and the teacher should only guide the work of the students based on inquiries that lead them to reason and develop new actions from the analysis of the steps that have already been carried out and from the mistakes themselves. Considering these aspects and starting from the eminent need to develop teaching alternatives that have a good potential and that is easy to access, we highlight the use of toys as objects for carrying out experimental research activities. In this sense, the main objective here was to develop an alternative experimental investigative activity from the use of Hot Wheels Carts. In this way the methodology was dedicated to the development of such an alternative, and within this process the target of the investigation carried out refers to the understanding of the conservation behavior of the mechanical energy in a Cart Hot wheels. With the development of this research it was possible to verify different aspects of the phenomena related to the conservation of mechanical energy, which proves the investigative and significant potential present in the experimental activities developed with the use of toys and its great potential for use in the classroom.

Keywords: Experimentation. Research teaching. Software Tracker. Toys.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
2.1	ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO DESENVOLVIMENTO DO ENSINO DE FÍSICA	12
2.2	A EXPERIMENTAÇÃO NO CONTEXTO DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO	13
2.3	OS BRINQUEDOS NA EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA	17
2.4	ATIVIDADES DE INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL COMO O SOFTWARE LIVRE TRACKER	18
3	METODOLOGIA	21
4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	29
5	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

Relatos a respeito das dificuldades encontradas no processo de ensino-aprendizagem de Física são extremamente comuns no universo escolar e acadêmico. Essas queixas são antigas e ultrapassam décadas. O assunto é tão conhecido que já se criou uma certeza, em meio a sociedade, sobre a complexidade inerente a disciplina. Os relatos a respeito dessa dificuldade não partem apenas dos alunos, os docentes também relatam dificuldades em realizar o processo de mediar o caminho entre os alunos e o conhecimento. Outros aspectos que ilustram bem essa realidade são as constantes notas baixas e casos de reprovações na disciplina.

Existem diversos fatores que são apontados como causadores dessa dificuldade, entre eles estão: as más condições da estrutura escolar, a falta de materiais didáticos, a falta de docentes formados na área e a falta de formação continuada que serviria como ponte entre os professores e os novos estudos realizados sobre a área.

Partindo dessa realidade, se evidencia que a complexidade no desenvolvimento do ensino de Física é resultado de um acúmulo de circunstâncias negativas que acabam contribuindo para os recorrentes resultados negativos dos alunos e a má avaliação do ensino aprendizagem. Mas vale ressaltar a importância da atuação do professor e como o seu desempenho pode influenciar no processo de ensino. Nesse sentido, Rosa (2003, p. 95) acrescenta que:

A ação pedagógica desenvolvida pelos professores no processo ensino-aprendizagem da física tem se caracterizado, muitas vezes, por atividades voltadas para apresentação de conceitos, leis e fórmulas de modo desarticulado e distanciado da realidade do educando. Essa visão tem dificultado a compreensão da física como ciência capaz de ser ensinada com base em referenciais que a tornem significativa para o aluno, de modo a proporcionar-lhe a apropriação de um conhecimento próximo da sua realidade, a evidenciar uma física presente nas mais diversas situações cotidianas, identificadas com o contexto social e cultural do aluno.

A esse respeito, Capecchi e Carvalho (2005), acrescentam que, a formalidade existente nas aulas, a aplicação de atividades exclusivamente operacionais e a descontextualização dos conteúdos, acabam resultando em aulas muito distantes da realidade dos alunos e tornam a aprendizagem mais difícil. Nesse sentido, podemos identificar que essas práticas de ensino, que em sua maioria são consideradas como tradicionais, são um dos fatores que mais contribuem para a dificuldade da compreensão e do aprendizado de Física.

A Física é uma área completamente dinâmica e fundamentada nos mais diversos fenômenos encontrados na natureza e também no cotidiano dos alunos. Tentar ensinar a mesma sem fazer uma contextualização que vise vincular esses aspectos aos conceitos e a linguagem matemática é um grande erro. Por muitas vezes, a falta de contextualização acaba levando o aluno a desenvolver conceitos distorcidos a respeito do que a Física trata e estuda. Um exemplo disso, é quando o aluno não sabe caracterizar a diferença entre a Física e a Matemática e acaba pensando que as duas são a mesma coisa. Esse tipo de conceito ilustra bem a falta de contextualização e de significado no processo de aprendizagem.

Outro aspecto negativo nas práticas tradicionais e que estão presentes na grande maioria das salas de aula, é a falta de uma participação mais ativa do aluno. No ensino tradicional o professor é visto como centro do processo educacional, e o aluno é apenas um ouvinte. Nesse contexto o aluno não é estimulado a pensar e a refletir sobre o que se está sendo estudado, e isso acaba deixando o mesmo com dificuldades de encontrar significados para o seu objeto de estudo.

Considerando essas realidades, se faz necessária a busca por alternativas que proporcionem o desenvolvimento de aulas mais dinâmicas, interativas, significativas e que estejam diretamente ligadas ao contexto em que os alunos estejam inseridos. Com o propósito de encontrar tais alternativas muitos estudiosos da área desenvolveram estudos e pesquisas. E em meio a esse panorama muitas pesquisas direcionam a atenção para o desenvolvimento de metodologias que propicie ao aluno uma aprendizagem mais crítica, onde o mesmo se torna sujeito atuante do seu próprio processo de aprendizagem, tornando-se consciente dos diversos aspectos e significados de cada conteúdo estudado.

Nesse meio é comum encontrar estudos que apontem a experimentação como sendo uma ótima alternativa para proporcionar o desenvolvimento de uma aprendizagem com esses aspectos. Mas, não é qualquer prática de laboratório que possibilita essas vantagens aos alunos, para que tais objetivos sejam alcançados o aluno tem que ser ativo dentro do processo de experimentação, entendendo e realizando o fazer científico, pensando e refletindo sobre maneiras de desenvolvimento do mesmo, entendendo suas etapas e desenvolvendo hipóteses que o possa levar a soluções.

Para Borges (2002, p. 303), uma boa alternativa para a prática de laboratório “consiste em estruturar as atividades de laboratório como investigações ou problemas práticos mais abertos que os alunos devem resolver sem a direção imposta por um roteiro fortemente estruturado ou por instruções verbais do professor”.

Nesse mesmo sentido, Carvalho (2014) defende o uso das práticas de laboratório de uma forma mais aberta, dentro da perspectiva do Ensino por Investigação, onde os alunos devem resolver um problema dado, a partir de passos experimentais que são desenvolvidos pelos próprios, já que dessa forma eles têm a oportunidade de desenvolver hipóteses, testá-las, e discutir e sistematizar o conhecimento desenvolvido.

Essa abordagem, diferentemente das mais tradicionais, evidencia o aluno como protagonista do seu próprio processo de ensino-aprendizagem, onde o mesmo deve realizar e desenvolver ações que o leve à apropriação do conhecimento, e ao professor cabe o papel de intermediar e desenvolver atividades que levem a essas práticas. Sendo assim, é importante a aplicação de metodologias que favoreçam o desenvolvimento de atividades de laboratório, do tipo investigativa, que proporcionem ao aluno autonomia no desenvolvimento de seu próprio conhecimento.

Para a execução de tal abordagem de ensino, temos que identificar as possibilidades de aplicação da mesma em cada ambiente escolar, para que fique claro que a mesma pode atingir diferentes realidades. Partindo-se do pressuposto de que muitas escolas não têm uma estrutura específica para o desenvolvimento de atividades de laboratório, e que esse fato é considerado como motivo para a não realização de atividades práticas, cabe-se ressaltar que as atividades de experimentação, investigativas ou não, não dependem diretamente de laboratórios ou materiais específicos. Essas atividades podem ser realizadas a partir de diferentes ferramentas, que vão do uso de materiais presentes no cotidiano do aluno até programas que simulam fenômenos físicos. Sendo assim, surge-se a necessidade de se investigar a utilização de materiais alternativos para o desenvolvimento das atividades de experimentação investigativa.

Nesse contexto, o principal objetivo aqui almejado é o de criar uma proposta de atividade que possa contemplar a abordagem de Ensino por Investigação e que também possa ser realizada em escolas com as mais diferentes estruturas de laboratório. Dessa forma, o trabalho aqui desenvolvido, trata-se de uma proposta de laboratório aberto, acessível, que não necessite de materiais específicos de laboratório, que seja realizado com objetos do cotidiano dos alunos e que propicie a eles a possibilidade de construir o seu conhecimento em um processo de aprendizagem investigativo, significativo e contextualizado.

Nesse sentido, foi elaborada uma atividade experimental, nos moldes citados acima, e que tem como foco investigar o tema de conservação de energia mecânica. O material escolhido para realizar o experimento foram brinquedos, mais especificamente, Carrinhos Hot Wheels e o software livre Tracker. Essas escolhas se deram pelo fato de os brinquedos serem materiais de fácil acesso e por terem uma grande bagagem de conceitos físicos atrelados ao seu

funcionamento, e pelo fato do Software Livre Tracker ser uma ferramenta que facilita e possibilite uma melhor análise do experimento realizado, além de ser gratuito e de fácil manuseio. As características dos materiais possibilitam a realização dessa atividade nos mais diferentes contextos, desde uma escola bem estruturada até uma escola que tenha deficiência na sua estrutura e no seu acervo de materiais de laboratório.

Para a realização da proposta de laboratório aberto, o problema que norteou o seu desenvolvimento foi: a energia mecânica de um Carrinho Hot Wheels, ao ser abandonado a partir do repouso e percorrer uma rampa e uma linha horizontal, se conserva?

Além de propor uma alternativa de atividade, este trabalho também pretende descrever uma possível solução para a mesma, não com o intuito de criar um roteiro que pudesse ser seguido, mas com o objetivo de detectar o potencial educacional e investigativo alcançado pela proposta. Sendo assim, se pretende identificar se as atividades experimentais realizadas a partir da utilização de brinquedos pode contribuir de forma positiva para a realização de uma aprendizagem mais significativa.

Com a realização deste trabalho, espera-se que os professores tenham uma alternativa de plano de aula que possibilite aos alunos um processo de aprendizagem que os levem a uma maior reflexão, assimilação e sistematização do conteúdo abordado.

A metodologia do trabalho, aqui desenvolvido, foi pautada na realização e exposição de todo o processo experimental, desde o momento da montagem até o momento da coleta e análise de dados. A realização de uma alternativa de solução para a investigação foi realizada na metodologia para que ficasse claro o potencial educacional e investigativo que a atividade tem. Sendo assim, essa exposição de uma espécie de relatório do experimento tem a finalidade de exemplificar um caminho a ser seguido e de mostrar a quantidade de conceitos e conteúdos que são estudados até se chegar a uma conclusão para o problema experimental.

No desenvolvimento da investigação, a análise do experimento foi realizada utilizando alguns aspectos fundamentados no cálculo matemático, o que caracteriza uma inclinação para o ensino superior, mas isso não significa que o experimento não possa ser reproduzido nos mais diferentes níveis de ensino. O mesmo pode ser reproduzido desde o ensino fundamental até o ensino superior, o que vai mudar nesses casos é o nível da análise e os objetivos do professor, mas isso é uma adaptação possível de ser feita.

Para a fundamentação deste trabalho, abordaremos alguns pontos a respeito das práticas de laboratório que possibilitam ao aluno uma ação mais autônoma e que favoreçam a realização de um ensino com caráter investigativo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O desenvolvimento da fundamentação teórica busca discutir diferentes aspectos das práticas experimentais dentro das aulas de Física, assim como também, busca destacar de que forma essas práticas podem se torna mais proveitosas se forem realizadas dentro dos moldes do Ensino por Investigação.

2.1 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO DESENVOLVIMENTO DO ENSINO DE FÍSICA

A experimentação é uma das atividades que mais despertam a curiosidade e o interesse nas aulas de Física, mas não é incomum se ouvir queixas de alunos que não tiveram suas expectativas alcançadas nas aulas de laboratório. Esse fato ocorre por causa do modelo de experimentação que normalmente é executado nas escolas e universidades.

Na maioria das vezes os experimentos ou são expositivos, onde só o professor manipula os equipamentos, ou são de tipo tradicional, onde o aluno segue um roteiro fechado que não lhe dá autonomia para mudar a execução do experimento e nem lhe dá oportunidade de testar suas próprias hipóteses. Dessa forma, a experimentação acaba sendo mais uma atividade mecânica onde os alunos seguem passos predeterminados e não têm a possibilidade de desenvolver e testar suas próprias hipóteses.

Vale ressaltar que não temos o intuito de menosprezar as atividades de laboratório tradicionais, mas sim, enfatizar que, na maioria das vezes, as mesmas se resumem a suprir objetivos mais técnicos, como por exemplo, a manipulação de equipamentos de laboratório, as técnicas de análise de erros, ou a visualização de um fenômeno físico, e acabam sendo ineficientes quando os objetivos são voltados para o desenvolvimento da autonomia investigativa do aluno, para o entendimento do que é o processo de fazer Ciência e para o desenvolvimento de um ensino mais significativo e crítico.

Nesse mesmo sentido, Borges (2002), expõe que as principais críticas a respeito do laboratório tradicional estão ligadas à não relevância da atividade, do ponto de vista dos alunos, já que os resultados e procedimentos são previamente determinados; à falta de uma efetiva relação entre a teoria e a prática, e ao fato da preparação das etapas, para a produção do relatório, acabarem tomando todo o tempo da atividade, sem deixar espaço para uma análise mais aprofundada do próprio significado do experimento realizado.

Esse último aspecto, citado por Borges (2002), pode parecer contraditório, já que a produção do relatório deveria ser o momento de refletir e sistematizar o conhecimento adquirido na produção do experimento, mas acaba não sendo, pois como os alunos têm um roteiro que mostra todos os passos a serem dados, por muitas vezes os mesmos simplesmente coletam os dados e substituem nas fórmulas, sem desenvolver qualquer ligação concreta entre a prática e a teoria deixando, assim, a atividade experimental com as mesmas características de uma atividade mecânica e sem significados.

Para Borges (2002), uma visão equivocada que as atividades experimentais tradicionais podem passar para os professores e os alunos é que o método científico funciona como um algoritmo infalível, que acaba levando a respostas para todas as indagações, e que as atividades práticas realizadas na escola tem a mesma natureza e finalidade que as atividades e pesquisas científicas.

Sendo assim, outro ponto negativo do laboratório tradicional é que o mesmo pode acabar passando uma ideia inocente a respeito da ciência, onde a mesma é confundida com meros métodos experimentais, que quando seguidos levam a resultados concretos e irrefutáveis, quando na verdade a ciência é baseada em caminhos árduos de desenvolvimento e testes de hipóteses que nem sempre levam a uma resposta fechada.

Nessa perspectiva é possível afirmar que a atividade experimental só terá um efeito positivo na realização do entendimento da ciência, assim, como também, no desenvolvimento da criticidade e autonomia do aluno, se a mesma for abordada dentro de um contexto de aula que esteja bem fundamentada e estruturada. A experimentação por si só não é capaz de promover uma melhoria no ensino, pois para que esse objetivo seja alcançado a mesma deve levar o aluno a percorrer determinados processos que sejam capazes de dar significado ao que se está sendo estudado.

2.2 A EXPERIMENTAÇÃO NO CONTEXTO DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Com relação às abordagens de ensino que possam melhorar o processo de experimentação em sala de aula, destacamos a abordagem de Ensino por Investigação. No Ensino por Investigação, o que se prioriza é uma sequência de atividades que levam o aluno a um aprendizado ativo, onde o professor deixa de ser o centro do processo de ensino para se tornar um orientador do aluno. De acordo com Carvalho (2014), na proposta de ensino por investigação:

O aluno sai da posição passiva, deixando de ser apenas um observador das aulas, passando a ter grande influência sobre ela, e não é mais um conhecedor de conteúdos, passando a “aprender” atitudes e desenvolver habilidades como pensar, agir, interferir, argumentar e analisar bem como de fazer hipóteses, defender sua explicação perante o grupo da sala de aula, utilizando a teoria aprendida como justificativa de suas ideias (CARVALHO, 2014, p. 46).

Sendo assim, no decorrer do uso das atividades de laboratório dentro da perspectiva de ensino por investigação, o aluno tem que ser o agente pensante do seu próprio processo de aprendizagem e o professor passa a ser o mediador, que guia os alunos por meio de indagações no decorrer de sua investigação. Essa abordagem se torna mais frutífera, pois possibilita ao aluno a oportunidade de pensar e refletir sobre o fenômeno estudado, e não apenas observá-lo através das explicações do professor.

De acordo com Carvalho (2014), uma sequência de ensino investigativa deve ter algumas atividades-chaves: deve-se iniciar por um problema, experimental ou teórico, ter uma atividade de sistematização do conhecimento construído, e mais uma, referente à promoção da contextualização do conhecimento no dia-a-dia do aluno.

Considerando esse contexto, pode-se apontar as atividades de laboratório como sendo uma boa alternativa para se iniciar a abordagem de um conteúdo, a partir de um problema, onde a mesma não seja estruturada para ser desenvolvida a partir de passos determinados por um roteiro, mas sim, onde a mesma possa servir como uma ferramenta capaz de despertar no aluno a intencionalidade de pensar e refletir sobre o que se está sendo estudado. Com relação ao problema escolhido para o desenvolvimento dessa atividade, Carvalho (2014) destaca que:

Qualquer que seja o problema escolhido, este deve seguir uma sequência de etapas visando dar oportunidade aos alunos de levantar e testar suas hipóteses, passar da ação manipulativa à intelectual estruturando seu pensamento e apresentando argumentações discutidas com seus colegas e com o professor (CARVALHO, 2014, p. 10).

Sendo assim, o problema escolhido não deve ser como um simples exercício que pode ser resolvido com o uso de uma fórmula, mas deve exigir do aluno uma maior dedicação nas análises e tentativas de resolução. O problema também tem que ser bem planejado, pois a escolha de matérias e do tempo de duração da atividade tem que ser pensada e determinada a partir do mesmo. O professor também tem que considerar os conhecimentos prévios dos alunos, no momento de escolher o problema, para assim, se assegurar que o nível de investigação da atividade não seja incompatível com o potencial de desenvolvimento do aluno.

Nesse sentido, cabe-se desenvolver um olhar mais atento a respeito das propostas de problemas experimentais, a serem abordados, para se alcançar os parâmetros citados a cima.

Para melhor entender de que forma as atividades de laboratório podem ser desenvolvidas, Borges (2002), expõe na Tabela 1, os possíveis níveis de abertura de um problema experimental.

Tabela 1 - Níveis de investigação no laboratório de ciências

Nível de Investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
0	Dados	Dados	Dados
1	Dados	Dados	Em aberto
2	Dados	Em aberto	Em aberto
3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: Borges (2002, p. 306).

O nível 0 de investigação se caracteriza com os processos de uma atividade de laboratório tradicional, onde todos os passos são determinados por um roteiro fechado. No nível 1, o que vem a ser diferente é apenas a possibilidade de o aluno desenvolver a sua conclusão. Já no nível 2, nos deparamos com uma realidade mais próxima da defendida em uma atividade investigativa, pois só o problema é dado pelo professor, e os demais passos têm que ser desenvolvidos pelos alunos. O nível 3, por sua vez, traz uma proposta ainda mais aberta, onde o aluno tem total autonomia para decidir o que vai investigar e como vai investigar, até chegar a uma possível resposta para seu experimento.

De acordo com o que vem sendo discutido, a partir das propostas de Ensino por Investigação, podemos constatar que o nível 2 é o mais indicado para se abordar dentro das aulas, pois apresenta uma estrutura que tem seu problema de investigação dado pelo professor, mas que, por outro lado, exige do aluno o ato de planejar suas ações, desenvolver suas hipóteses, verificá-las e chegar às suas próprias conclusões.

A respeito das características do nível 2, ainda vale salientar que o principal aspecto desse nível é a autonomia do aluno no processo de investigação do fenômeno estudado. Sendo assim, o material utilizado no desenvolvimento do experimento pode ser escolhido e previamente montado pelo professor, pois, de acordo com Borges (2002), mesmo o problema sendo dado e o experimento sendo previamente montado pelo professor, se não for fornecido para o aluno o que e como deve ser medido, o experimento ainda pode ser considerado como de nível 2. No mesmo sentido, Carvalho et al (2014) acrescenta que o nível 2 de investigação

pode ser considerado como um Laboratório Aberto, pois, mesmo o material sendo determinado pelo professor, o papel de investigar, desenvolver hipóteses e testá-las é do aluno.

Com relação à aplicação de tal atividade, outro aspecto importante que se faz presente dentro da proposta de um problema investigativo é a forma com que o aluno e o professor têm que lidar com o erro, pois diferentemente da abordagem tradicional, o professor não deve apontar o erro e a forma de corrigi-lo, mas sim, orientar o aluno de uma forma que o faça refletir e reformular suas próprias hipóteses, para que dessa forma o mesmo possa chegar ao acerto. “O erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno, ensina mais que muitas aulas expositivas quando o aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio” (CARVALHO, 2017, p. 137).

E a respeito da realização dos problemas experimentais, se recomenda também que os mesmos sejam realizados em grupo, pois esse formato de trabalho propicia o desenvolvimento de discussões, argumentações e interações entre os alunos, favorecendo assim o desenvolvimento do processo da aprendizagem. Mas vale salientar que esse processo só será proveitoso se todos os alunos participarem de forma ativa de todas as etapas, pois o objetivo, nesse caso, é desenvolver o conhecimento através da interação entre os alunos, diferentemente de quando os alunos estão realizando um trabalho em grupo onde cada um executa uma parte do trabalho com o único objetivo de concluí-lo e não com o intuito de aprender com o processo de construção do mesmo.

Como citado anteriormente, o processo de Ensino por Investigação não se resume unicamente às atividades experimentais, mas também ao desenvolvimento de sistematização do conteúdo investigado, onde essa sistematização deve ocorrer após a realização da atividade experimental, em aulas teóricas, através de discussão com toda a turma e também a partir de atividades individuais. É nesse processo que, de acordo com Carvalho (2014), ocorre a sistematização dos conceitos enfocados pelo experimento, para se fazer a passagem das relações qualitativa das variáveis para a sistematização das fórmulas, responsáveis por descrever o fenômeno estudado.

Nessa etapa o professor deve retornar ao material desenvolvido pelos alunos, durante a investigação, para a partir do mesmo desenvolver conectores que os liguem a descrição matemáticas do conteúdo. Um exemplo claro desse processo pode ser observado quando o professor dá significado as equações e as variáveis, que descrevem o conteúdo, a partir dos gráficos e das tabelas desenvolvidas durante o problema investigativo. Para Carvalho (2014), essa etapa não é de simples realização, e nem tão pouco tem a duração de uma aula tradicional,

mas apresenta um maior potencial de desenvolver no aluno a compreensão a respeito da relação entre a Física e a Matemática.

Outras atividades que também fazem parte do Ensino por Investigação são os estudos de textos, de livros didáticos ou de outro material de apoio, e as resolução de situações problemas. Carvalho (2017, p. 155), a respeito dessas atividades, ainda acrescenta que, “a utilização das atividades investigativas são melhores aproveitadas se dentro de uma Sequências de Ensino Investigativo (SEIs) onde o conhecimento construído é sistematizado com o auxílio de atividades de leitura, resolução de exercícios, pesquisas na internet, etc.”. A realização dessas atividades refere-se ao estágio final das etapas do Ensino por Investigação.

2.3 OS BRINQUEDOS NA EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA

Diante da perspectiva do Ensino por Investigação, não é de se estranhar que muitos pensem que o seu desenvolvimento necessite diretamente de uma excelente estrutura de laboratório, que tenha diversos equipamentos e que possa acomodar todos os alunos dentro de suas instalações; afinal, dispor de uma estrutura boa realmente ajuda no desenvolvimento do ensino. Mas essa não é uma condição necessária para o desenvolvimento dos problemas experimentais. De acordo com Borges (2002, p. 294),

É um equívoco corriqueiro confundir atividades práticas com a necessidade de um ambiente com equipamentos especiais para a realização de trabalhos experimentais, uma vez que podem ser desenvolvidas em qualquer sala de aula, sem a necessidade de instrumentos ou aparelhos sofisticados.

As possibilidades de desenvolver uma atividade investigativa estão mais centradas nas maneiras de como se desenvolver o processo de experimentação, do que na necessidade de se manipular materiais específicos. Portanto, o desenvolvimento de tais atividades pode e deve ser realizado mesmo com a ausência de materiais específicos, principalmente se considerarmos que a Física é uma área da ciência que tem seus objetos de estudo presentes nas mais diversas situações do nosso cotidiano, tornando assim, clara e existêcia da possibilidade de se fazer ciência com materiais presentes no dia-a-dia dos alunos.

Nesse sentido, destacamos os brinquedos como materiais que podem possibilitar a investigação de vários fenômenos físicos, já que muitos deles têm diferentes conceitos e fenômenos físicos envolvidos no seu funcionamento e são objetos que fazem parte do cotidiano e do imaginário de muitos alunos. Para Pimentel (2007), quando o professor desenvolve

atividades experimentais com brinquedos, o mesmo está proporcionando um momento para o aluno redescobrir novas percepções sobre o objeto, onde o aluno poderá refletir acerca dos conceitos científicos presentes em seu funcionamento.

De acordo com Pimentel (2007), outros aspectos como a discussão entre alunos e professor e a possibilidade de se desenvolver aulas interdisciplinares, onde o professor poderia abordar aspectos históricos e culturais, trazidos pelos brinquedos, também são partes fundamentais dessas atividades. Sendo assim, o uso de brinquedos nas aulas, além de ser base para a investigação de fenômenos e conceitos físicos, também podem ser a base para contextualizar o conhecimento científico e seus diversos aspectos em meio a sociedade.

Os brinquedos também têm o poder de deixar o desenvolvimento do conhecimento mais divertido e de tirar a imagem de uma ciência distante e fora do mundo dos alunos. Ao abordar a Ciência a partir de atividades com brinquedos mostramos ao aluno que a mesma faz parte de seu cotidiano e trabalhamos com a ela de uma forma mais contextualizada e significativa.

Em meio aos mais diversos tipos de brinquedos e brincadeiras, destacamos aqui os carrinhos e as brincadeiras que são realizadas com os mesmos, por terem um grande potencial para o desenvolvimento de investigações a respeito de diferentes conteúdos da área da Mecânica. Com a utilização dos carrinhos podem ser desenvolvidas investigações de diferentes conceitos como a velocidade, a aceleração, o momento, a energia mecânica, entre outros.

Considerando esses aspectos, a atividade experimental aqui proposta se baseia no estudo da conservação de energia mecânica em carrinhos Hot Wheels. O experimento tem por intuito investigar como a energia mecânica de um carrinho Hot Wheels se comporta em um trajeto composto por uma rampa e uma reta.

Essa atividade experimento aborda de forma específica a conservação e dissipação da energia mecânica. Dessa forma, se faz necessário que o aluno que venha a realizar essa atividade tenha um conhecimento prévio a respeito do conceito de energia mecânica. Mas, dependendo da abordagem do professor, esse mesmo experimento pode ser realizado para a apresentação do conceito de energia mecânica e de outros conceitos presentes no movimento do carrinho na trajetória.

2.4 ATIVIDADES DE INVESTIGAÇÃO EXPERIMENTAL COMO O SOFTWARE

LIVRE TRACKER

Uma nova possibilidade, para o desenvolvimento de aulas investigativas, que vem se destacando por possibilitar observação e análises de diferentes tipos de experimentos e

fenômenos, é o uso de simuladores e softwares. O seu desenvolvimento vem avançando cada dia mais, e com ele vem a possibilidade de abordar vários aspectos que não seriam possíveis de se reproduzir em uma sala de aula, por sua complexidade e pela falta de materiais específicos. Mas, como destaca Carvalho (2014), a utilização desses recursos não substitui para a experimentação real, mas se trabalhada de forma adequada pelo professor pode possibilitar ao aluno a elaboração de hipóteses, a discussão em grupos, o teste das hipóteses e o desenvolvimento de argumentação, que por sua vez, são etapas fundamentais do ensino por investigação.

Na categoria de software, destacaremos o software livre Tracker, que permite a análise de experimentos por meio de imagens e vídeos. O Tracker é um software gratuito desenvolvido pela parceria entre a equipe comandada pelo professor aposentado Douglas Brown, do Cabrillo College, e pelo Open Source Physics, que é um projeto financiado pela National Science Foundation e pelo Davidson College (OLIVEIRA, 2014).

O software possibilita a realização de diversas análises de fenômenos da área da mecânica, de forma detalhada, a partir de análise de vídeos. Sendo assim, para desenvolver um determinado experimento, o aluno realiza uma filmagem do fenômeno que deseja investigar, como por exemplo, o lançamento de uma bola, e através do software o mesmo será capaz de identificar diferentes grandezas que descrevem o movimento, como velocidade, aceleração, tempo, momento etc. Outra função importante do Tracker é a sua capacidade de montar diversos tipos de gráficos, com a possibilidade de mudar as variáveis e também de decompor movimentos.

Dessa forma, o Tracker pode ser considerado como uma ferramenta que tem o potencial de melhorar de forma significativa o desenvolvimento das aulas de física, pois é uma ferramenta gratuita, de fácil acesso, de fácil manipulação e que traz consigo a possibilidade de desenvolver diversos tipos de análises sem a necessidade de se utilizar materiais específicos de laboratório.

Esses aspectos são extremamente importantes, se considerarmos que por muitas vezes os alunos são privados de vivenciar uma aula experimental pelo fato de a escola não dispor de materiais para tal atividade. Outro ponto positivo de sua utilização são as possibilidades que o mesmo oferece de analisar fenômenos mais próximos da realidade do aluno, tornando assim a visão de ciência mais próxima do contexto do mesmo, e conseqüentemente, mais fácil de ser entendida.

Considerando as características do software livre Tracker, o adotamos para a realização das análises do experimento. O mesmo foi utilizado para realizar as medidas de diferentes aspectos como velocidade, deslocamento e tempo.

Com a utilização dos brinquedos e do Software Livre Tracker, identificamos a possibilidade de realizar atividades experimentais investigativas sem a utilização de materiais específicos de laboratório. E dessa forma é possível considerar a utilização dessas ferramentas como uma alternativa para superar as deficiências de materiais didáticos encontradas nas escolas.

A realização de problemas experimentais a partir de materiais do cotidiano do aluno, de brinquedos e também de softwares e simuladores, apesar de ser possível e de ter pontos positivos, não é uma prática muito comum dentro da grande maioria das salas de aula. Os motivos para essa situação estão ligados a diferentes fatores, que vão desde a falta de tempo, para o planejamento e execução de tais atividades, até a falta de formação.

Borges (2002) destaca a necessidade de se fazer tal abordagem na formação dos professores. Para o autor, “os licenciandos precisam exercitar o planejamento, a preparação e a execução de atividades mais abertas, se desejamos que eles venham a adotá-las em suas aulas no futuro” (BORGES, 2002, p. 307). Essa afirmação reflete uma realidade muito comum em meio aos professores, que é a de ter mais facilidade em repetir, em suas aulas, as mesmas metodologias que seus professores apresentavam, do que a de desenvolver novos métodos a partir de estudos desenvolvidos.

Sendo assim, destacamos que as práticas de Ensino por Investigação, assim como também, o desenvolvimento de práticas que possibilitem a criação e realização de atividades experimentais, baseadas em matérias alternativos, além de serem fundamentais para a aprendizagem do aluno das licenciaturas, também os capacita para desenvolver essas mesmas abordagens em suas salas de aula. Dessa forma os futuros professores, além de terem uma formação mais significativa, também terão mais condições de oferecer o mesmo aos seus alunos.

3 METODOLOGIA

Partindo do contexto discutido na fundamentação teórica e em busca de desenvolver uma atividade experimental, de cunho investigativo e acessível, desenvolvemos uma proposta de Laboratório Aberto construído a partir da utilização de carrinhos Hot Wheels e do software livre Tracker. A classificação da atividade se baseia nos níveis de investigação expostos na Tabela 1, e como Laboratório Aberto classificamos o nível de investigação como sendo o nível 2. Sendo assim, a atividade aqui proposta pretende proporcionar ao aluno uma maior autonomia e liberdade para desenvolver e testar suas próprias hipóteses na realização das atividades experimentais.

A proposta da atividade de Laboratório Aberto se baseia na construção de um experimento que tem por intuito investigar o comportamento da energia mecânica de um carrinho Hot Wheels, ao percorrer uma rampa, de onde o carrinho foi abandonado a partir do repouso, e uma pista horizontal que se localiza logo após a rampa. Com a realização dessa atividade experimental investigativa, pretende-se identificar de que forma a energia mecânica do carrinho se comporta, e de que forma podemos descrevê-la.

Ao propormos essa atividade experimental, consideramos que seria importante apresentar uma forma de como resolvê-la, pois assim poderíamos constatar seu potencial educacional e investigativo. Mas destacamos que em uma proposta de atividade experimental investigativa não se deve apresentar roteiro ou resoluções aos alunos, e que a apresentação de uma possível resolução, neste trabalho, tem apenas o intuito de constatar o seu potencial educacional e de nortear o trabalho de um professor(a) que deseje reproduzi-la em sala de aula.

Na realização de tal proposta de atividade, em sala de aula, o principal objetivo é promover o aluno como autor do seu processo de aprendizagem, ou seja, os mesmos devem ter uma atuação ativa e participar do processo de aprendizagem de uma forma reflexiva e significativa. Sendo assim, a utilização dos roteiros não deve ser adotada, pois com a utilização dos mesmos os alunos não têm a necessidade de desenvolver o ato de pensar e refletir a partir da atividade realizada, mas de apenas seguir passos predeterminados pelo professor (a).

No decorrer da metodologia estará exposta uma possível forma de como montar e realizar o experimento, e uma das possíveis maneiras de como desenvolver os cálculos que venham a descrever o comportamento da energia mecânica do carrinho.

A escolha de realizar este trabalho com a utilização dos brinquedos da marca Hot Weels se deu pelo fato da marca produzir diferentes brinquedos que facilitam a montagem de diferentes experimentos, como carrinhos de vários modelos, pistas, loops, lançadores e entre

outros. Mas destacamos que brinquedos de marcas diferentes também podem ser utilizados. A confecção dos próprios objetos a serem utilizados na experimentação também é uma possibilidade, mas acaba exigindo um pouco mais de tempo para a realização de sua confecção.

Para a construção do experimento foi montada uma pista (Figura 1), constituída por uma rampa e por uma reta.

Figura 1 - Pista do experimento



Fonte: A Autora, 2019.

Os materiais utilizados foram: 1 prancha de madeira com 54 cm de comprimento e 7 cm de largura (figura 2), 9 trechos de pista de 30 cm de comprimento e 3,7 cm de largura (figura 3), 8 conectores de pista, que não interferem no comprimento da pista (figura 4), e um carrinho Hot Wheels com 7,3 cm de comprimento, 3 cm de largura, 30,0 g e uma padeira fixada sobre o teto para auxiliar na visualização do mesmo.

A montagem do trajeto foi feita apoiando-se a prancha de madeira na parede e fixando-a no chão com cola quente. A pista de brinquedo também foi fixada no piso e na rampa com cola quente, para assim garantir que o equipamento não iria se mover e para evitar um arredondamento da pista no encontro entre a rampa e o piso. No final da montagem, a rampa ficou com 0,385 m de altura e formou um ângulo de 53° com o piso, e a reta ficou com um comprimento de 1,679 m.

Para a análise do experimento, o mesmo foi filmado com um celular e as imagens foram analisadas com o uso do Software Livre Tracker. Através do Tracker foram coletados os dados referentes ao espaço, ao tempo e à velocidade durante todo o percurso do carrinho.

Figura 2 - Prancha de madeira



Fonte: A Autora, 2019.

Figura 3 - Trecho de pista



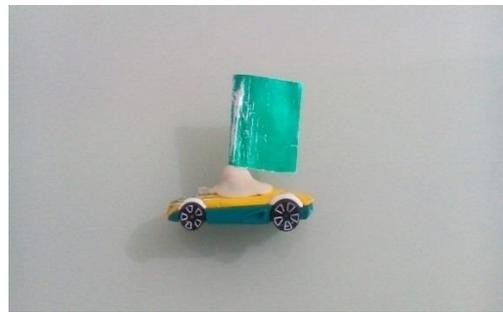
Fonte: A Autora, 2019.

Figura 4 - Conector de pista



Fonte: A Autora, 2019.

Figura 5 - Carrinho Hot Wheels



Fonte: A Autora, 2019.

Para a realização da análise do experimento, foi necessário tomar alguns cuidados no momento de sua realização:

O piso onde a pista foi montada foi o mais nivelado possível, pois algum desnivelamento do piso poderia interferir no percurso do carrinho e acarretar em uma perda ou ganho de velocidade anormal. O posicionamento da câmera foi centralizado e próximo ao piso para evitar que o ângulo da imagem interferisse na dimensão do comprimento da pista ou no ângulo da mesma.

Na análise com o Tracker o bastão de medidas, que é a ferramenta responsável pelas medidas de espaço, foi posicionado de uma forma que seu comprimento abrangesse quase todo o comprimento da pista, para assim, evitar algum erro na leitura do programa em relação à dimensão da imagem.

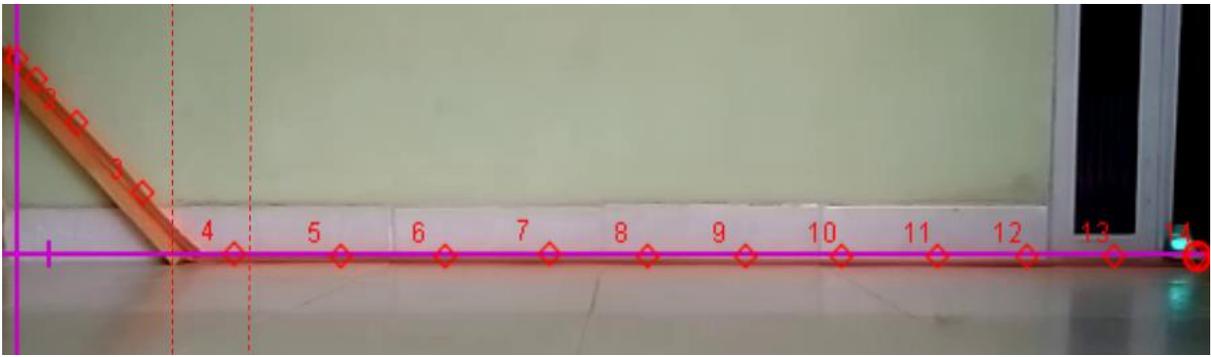
Para uma melhor visualização do carrinho, no momento de marcar o seu posicionamento no decorrer da trajetória foi posta uma bandeira de papel sobre o mesmo para facilitar sua visualização e possibilitar uma marcação mais exata de seu deslocamento.

O experimento foi repetido 30 vezes para minimizar algum erro, já que o movimento de abandonar o carrinho foi realizado à mão, e qualquer desvio na inclinação do carrinho poderia

fazer com que o mesmo colidisse de forma mais acentuada com as bordas da pista, provocando assim alguma alteração na trajetória do movimento.

Como o carrinho apresenta um comprimento de 0,073 m, não foi possível medir de forma clara o momento em que o mesmo sai da rampa e começa a percorrer a reta. Para evitar possíveis erros de interpretação de dados, a respeito desse momento, o ponto 4, que representa o instante em que o carrinho sai da rampa, destacado entre barras tracejadas na Figura 6, foi excluído da análise. Na Figura 6 também é mostrado como as imagens foram analisadas, e os respectivos pontos onde a velocidade foi medida com o Software Tracker.

Figura 6 - Análise de imagem com o software Tracker



Fonte: A Autora, 2019.

Em conjunto com a análise experimental, também foi feita uma análise teórica de como o carrinho. Para a análise do fenômeno de forma teórica, onde não se considerou a dissipação de energia, foi utilizada a equação de conservação de energia mecânica

$$E_{\text{mec. inicial}} = E_{\text{mec. final}} \quad (1)$$

que é o mesmo que:

$$U_i + K_i = U_f + K_f,$$

sendo $U = mgh$ a energia potencial e $K = \frac{1}{2}mv^2$ a energia cinética. Dessa forma temos que toda a energia potencial presente no carrinho no momento da largada se converte em energia cinética até o final da rampa; e no decorrer da pista, posterior à rampa, a energia cinética se conserva.

Para o caso aqui analisado tem-se que a altura da qual o carrinho foi abandonado é de 0,356 m e como o carrinho foi abandonado a partir do repouso a sua velocidade inicial é igual a zero. Sendo assim, a energia mecânica inicial é totalmente potencial. Na posição final do trajeto a altura do carrinho é zero, e sendo assim, a energia mecânica final será totalmente

cinética. Dessa forma a equação que descreve o comportamento da energia mecânica no início e no final do percurso é

$$mgh_i = \frac{1}{2}mv_f^2. \quad (2)$$

Com o uso da Eq. (2) e dos dados aqui coletados foi possível constatar que a energia mecânica do carrinho no início da rampa é 0,1046 J. Para se chegar à resposta para a energia mecânica final se faz necessário encontrar o valor para a velocidade final do carrinho. Para encontrar a velocidade teórica final basta isolar a velocidade final na Eq. (2).

Isolando a velocidade final na equação (1), pode-se chegar a uma expressão para o comportamento da velocidade, teórica do carrinho, durante todo o percurso e não apenas para a posição inicial e final. Dessa forma temos,

$$v = \sqrt{2g(h_i - h_f)} \quad (3)$$

Mas como a velocidade experimental encontrada com o uso do Tracker está em função do tempo, será mais conveniente deixar a expressão teórica para a velocidade, também em função do tempo. Para isso vamos fazer uso da expressão para a força resultante no plano inclinado, que é

$$F_R = mg\text{sen}\theta. \quad (4)$$

Como a $F_R = ma$, pode-se chegar ao seguinte resultado

$$a = g\text{sen}\theta.$$

Integrando a aceleração em função do tempo, e lembrando que a velocidade inicial é nula, tem-se a velocidade em função do mesmo:

$$v = g\text{sen}\theta t \quad (5)$$

Como o ângulo entre a rampa e o piso é de $53,0^\circ$ e considerando que a aceleração da gravidade é $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, a Eq. (5) pode ser reescrita como

$$v = 7,8265t \text{ m/s} \quad (6)$$

Mas para que descrevermos o desenvolvimento da velocidade teórica no decorrer da rampa e também da pista, vamos usar:

$$v(t) = \begin{cases} 7,8265t, & 0 \leq t \leq 0,337 \\ 2,641, & t \geq 0,337 \end{cases} \text{ m/s} \quad (7)$$

Essas condições foram definidas, porque quando o carrinho chegar no final da rampa sua velocidade deve permanecer constante.

O valor para o tempo de percurso do carrinho na rampa, mostrado na Eq. (7), foi encontrado com o uso da Eq. (6) e da Eq. (3). Com a Eq. (3) foi encontrado o valor da velocidade teórica para o momento em que o carrinho chega ao final da rampa, que é de $v=2,641\text{m/s}$. Substituindo o valor da velocidade obtido pela Eq. (3) na Eq. (6) e isolando o tempo, tem-se que $t= 0,337$ s. E dessa forma encontramos a Eq. (7), que é responsável por fornecer a velocidade teórica durante todo o percurso.

Já o desenvolvimento da velocidade experimental foi analisado através do software Tracker, onde foi medida a velocidade em 14 pontos diferentes do trajeto. Com os dados coletados foram desenvolvidas funções para a velocidade em função do tempo com o uso do Software Origin. Foi desenvolvida uma função para o comportamento da velocidade do carrinho na rampa e outra para o comportamento da velocidade na reta. A equação para a velocidade na rampa foi de um polinômio de 4º grau:

$$V(t) = 107,78 t^4 - 115,53 t^3 + 28,428 t^2 + 5,2419 t + 0,0046 \quad (8)$$

Já a equação da velocidade na reta, se trata de um polinômio de 8º grau

$$V(t) = 221.63194 t^8 - 1404.86033 t^7 + 3783.97276 t^6 - 5634.29834 t^5 + 5043.70981 t^4 - 2755.46085 t^3 + 884.36805 t^2 - 148.87244 t + 11.62875 \quad (9)$$

Através da análise do desenvolvimento da velocidade teórica e experimental, durante o trajeto percorrido pelo carrinho, pode-se identificar de que forma se deu a conversão da energia potencial em energia cinética em ambos os casos, possibilitando assim, um melhor entendimento do processo de conservação de energia.

A velocidade em relação ao eixo x também foi analisada, pois essa análise possibilita uma melhor visualização das possíveis diferenças entre os resultados teóricos e os resultados experimentais. Para essa análise foi utilizado novamente o software Oringin para desenvolver equações que descrevessem o comportamento da velocidade teórica e também experimental. Nesse processo o percurso foi dividido novamente entre a rampa e a reta, ou seja, foi feita uma análise do ponto 0,0 m até o ponto 0,221 m do eixo x, que é o trecho correspondente a rampa e outra do ponto 0,592 ao ponto 2,068 m do mesmo eixo, que é o trecho referente à pista horizontal.

Para o caso teórico foi encontrado um polinômio de 9º grau que descreve a velocidade teórica na rampa

$$V(x) = 12,93453 x^9 - 126,3743 x^8 + 519,96964 x^7 - 1169,623 x^6 + 1561,6369 x^5 - 1257,691 x^4 + 596,26597 x^3 - 159,6256 x^2 + 25,61159 x + 0,05569 \quad (10)$$

Como a velocidade teórica na reta se permanece constante, então a partir do ponto 0,389 em x a velocidade se permanece como $v = 2,641$.

Para o caso experimental foi desenvolvido um polinômio de 9º grau que descreve a velocidade experimental em todo o trajeto:

$$V(x) = 3.06134 x^9 - 32.8272 x^8 + 149.56008x^7 - 377.57062 x^6 + 577.7979 x^5 - 551.51469 x^4 + 326.39153 x^3 - 115.76635 x^2 + 22.73167 x + 0.06038 \quad (11)$$

Porém, para a análise, a equação foi dividida em intervalos referentes ao trecho da rampa e ao trecho da reta.

Com posse dos dados coletados e com as funções desenvolvidas, foram realizadas análises para verificar se a conservação de energia, de acordo com o esperado de forma teórica, se constatou ou se houve dissipação de energia.

Esta montagem do experimento também pode ser utilizada para pesquisar e analisar outros conceitos físicos, como por exemplo, a velocidade, a aceleração, o momento, o plano inclinado, energia potencial, energia cinética entre outros.

Um exemplo de outra forma como a estrutura desse experimento poderia ser utilizada seria no estudo dos conceitos de deslocamento, velocidade e aceleração, em turmas do ensino fundamental ou médio. Onde a análise do movimento do carrinho exemplificaria o que é o deslocamento, o que é variação de deslocamento, que a variação do deslocamento com relação

ao tempo é a velocidade e que a variação da velocidade com relação ao tempo é a aceleração. Essas análises poderiam facilitar o entendimento do aluno e introduzir o estudo dos diferentes tipos de movimentos.

Nesse experimento os alunos poderiam realizar a confecção de tabelas com o tempo e o deslocamento, por exemplo, para chegar à velocidade e descobrir a partir disso onde a velocidade do carrinho é maior. Da mesma forma poderiam confeccionar tabelas com a velocidade e o tempo e a partir daí identificar onde houve aceleração. Os dados das tabelas também poderiam ser utilizados para explicar a interferência das variáveis nos resultados das equações do movimento. Nesse mesmo modelo poderiam ser desenvolvidas pesquisas com os conceitos de momento, energia potencial e energia cinética.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para a análise do experimento foram construídos tabelas e gráficos com o intuito de possibilitar uma melhor compreensão a respeito do fenômeno analisado e de seu comportamento.

As tabelas e os gráficos retratam o comportamento da velocidade no decorrer do percurso, pois é através da análise da mesma que podemos identificar de que forma a energia potencial se converte em energia cinética. Essa análise se faz importante, porque é a diferença entre a velocidade teórica e a velocidade experimental que nos responderá se houve ou não a conservação de energia mecânica.

Tabela 2 - Dados experimentais

Eixo y (m)	Eixo X (m)	Tempo (s)	Velocidade (m/s)
0,356	0,00	0,00	0,00
0,326	0,028	0,099	0,724
0,252	0,100	0,198	1,379
0,132	0,221	0,297	1,928
0,000	0,592	0,495	2,028
0,000	0,791	0,594	1,984
0,000	0,986	0,694	1,936
0,000	1,175	0,793	1,900
0,000	1,362	0,892	1,857
0,000	1,544	0,991	1,823
0,000	1,724	1,090	1,792
0,000	1,899	1,189	1,735
0,000	2,068	1,288	1,656

Fonte: A Autora, 2019.

O primeiro passo a ser tomado foi a análise dos dados experimentais, pois é a partir deles que foram realizados os cálculos responsáveis por responder a problemática a respeito da conservação de energia. Os dados experimentais foram coletados com uso do Software Tracker e estão expostos na Tabela 2.

Tabela 3 - Dados teóricos

Eixo y (m)	Eixo x (m)	Tempo (s)	Velocidade (m/s)
0,356	0,00	0,00	0,00
0,326	0,028	0,097	0,766
0,252	0,100	0,182	1,427
0,132	0,221	0,267	2,095
0,000	0,592	0,413	2,641
0,000	0,791	0,488	2,641
0,000	0,986	0,561	2,641
0,000	1,175	0,632	2,641
0,000	1,362	0,702	2,641
0,000	1,544	0,770	2,641
0,000	1,724	0,838	2,641
0,000	1,899	0,904	2,641
0,000	2,068	0,970	2,641

Fonte: A Autora, 2019.

Para identificar se houve a conservação de energia mecânica foi utilizada a Eq. (2) e os dados da tabela 2, referentes ao ponto inicial e ao ponto final do trajeto. Substituindo os valores da altura inicial, altura final, velocidade inicial, velocidade final e da massa do carrinho na Eq. (2), chegou-se a seguinte expressão:

$$(0,030 \text{ Kg}).(9,8\text{m/s}^2).(0,356\text{m}) = \frac{1}{2} . (0,030 \text{ Kg}).(1,656)^2$$

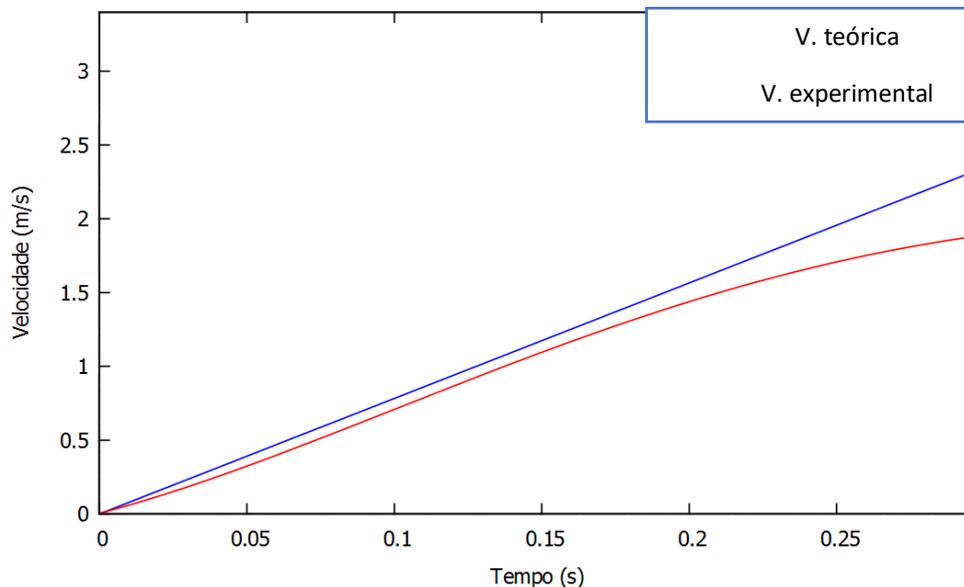
Dessa forma, de acordo com a Eq. (2), temos que a $E_{\text{mec. inicial}} = 0,105 \text{ J}$ e que a $E_{\text{mec. final}} = 0,041 \text{ J}$, sendo assim, pode-se afirmar que a igualdade não se confirma e que não houve a conservação de energia mecânica.

Para melhor entender como se deu o processo de dissipação de energia foi necessário desenvolver uma comparação entre os resultados teóricos e os resultados experimentais. Para isso foi construída a Tabela 3, que contém os dados teóricos para o tempo e para a velocidade, referentes a cada coordenada de x e y expostas na Tabela 2.

Ao observar os dados teóricos e os dados experimentais, expostos nas tabelas anteriores, é notório que desde o início o carrinho, no caso experimental, já apresenta uma perda de velocidade, em relação ao caso teórico, o que mostra que a conversão de energia potencial em energia cinética não ocorre integralmente.

O Gráfico 1 retrata o comportamento da velocidade no decorrer da descida da rampa para o caso teórico e para o caso experimental. A curva que descreve a velocidade teórica foi plotada a partir da Eq. (6) e a curva referente à velocidade experimental foi plotada a partir da Eq. (8). O intervalo de tempo analisado foi de $t = 0$ até $t = 0,297$.

Gráfico 1 - Comparação entre a velocidade experimental e teórica em função do tempo na rampa



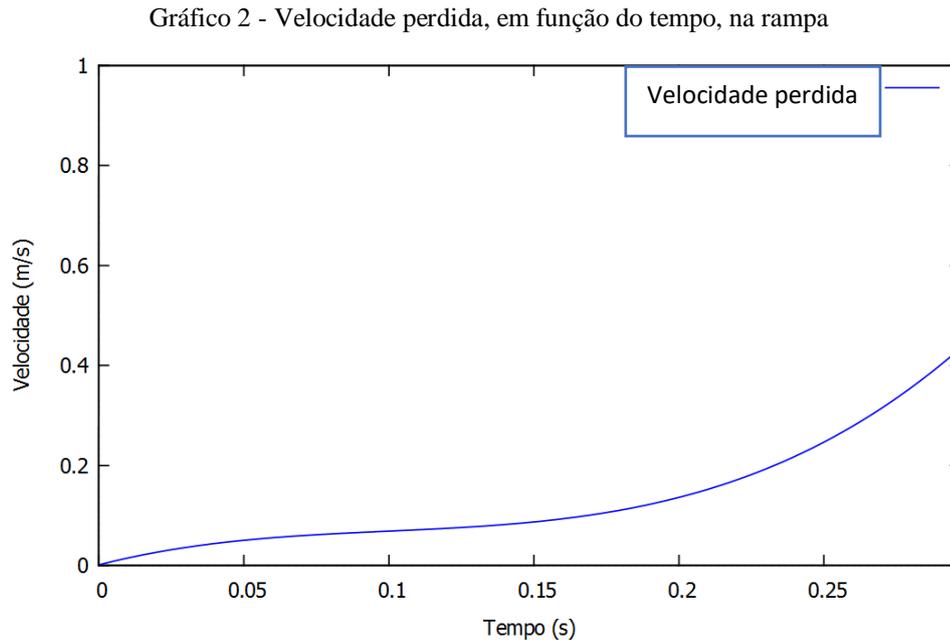
Fonte: A Autora, 2019.

O Gráfico 1 ilustra bem a diferença crescente entre a velocidade teórica e a velocidade experimental, em função do tempo, mas para obter uma visão mais clara dessa diferença foi subtraída a velocidade experimental da velocidade teórica. Com os dados obtidos, a partir da

subtração de cada ponto, foi criada uma equação que descreve a curva da diferença de velocidades, que nesse caso é a velocidade dissipada. A equação foi desenvolvida através da análise dos dados com o Software Origin e se trata de um polinômio de 3º grau:

$$V(t) = 41,025 t^3 - 12,315 t^2 + 1,4969 t + 0,0013 \quad (12)$$

A curva descrita pela Eq. (12) está exposta no Gráfico 2.



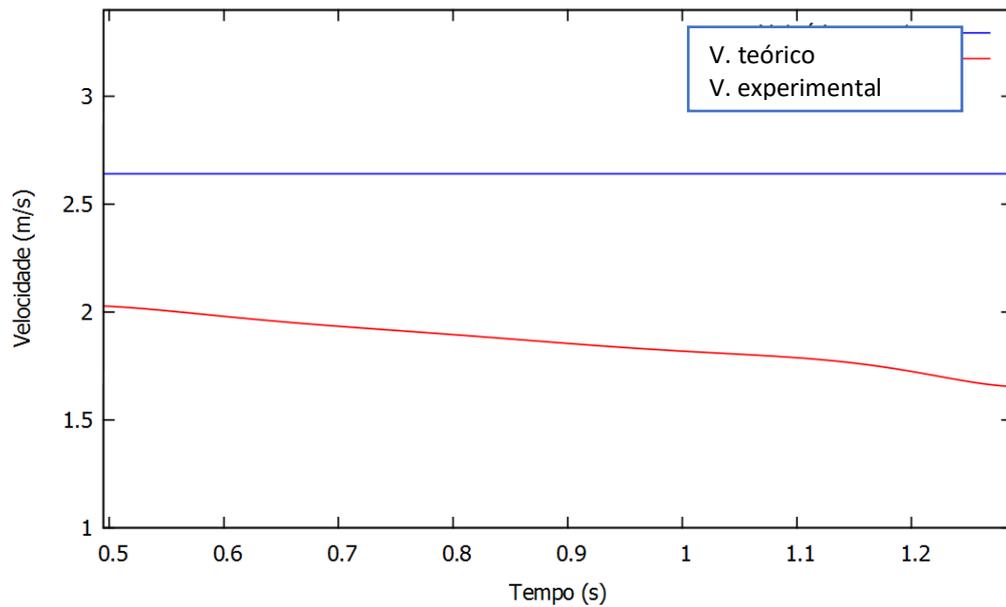
Fonte: A Autora, 2019.

Como pode-se ver no Gráfico 2 a diferença entre a velocidade teórica e experimental aumenta com o decorrer do percurso realizado pelo carrinho.

Da mesma forma que a velocidade foi analisada na rampa, também foi analisada na reta. O Gráfico 3 mostra a velocidade teórica e a velocidade experimental na reta com o intervalo de tempo de $t = 0,495s$ até $t = 1,288s$.

Para o caso teórico o carrinho percorre todo o percurso em $0,970 s$, já no caso experimental o carrinho percorre o trajeto em $1,288 s$, mas como no caso teórico a velocidade deve se permanecer constante na reta, consideramos a comparação entre as velocidades até o instante $t = 1,288$ para ambos os casos. No Gráfico 3 a Eq. (7) foi utilizada para descrever o comportamento da velocidade teórica e a Eq. (9) foi utilizada para descrever a velocidade experimental.

Gráfico 3 - Comparação entre a velocidade experimental e teórica em função do tempo na reta



Fonte: A Autora, 2019.

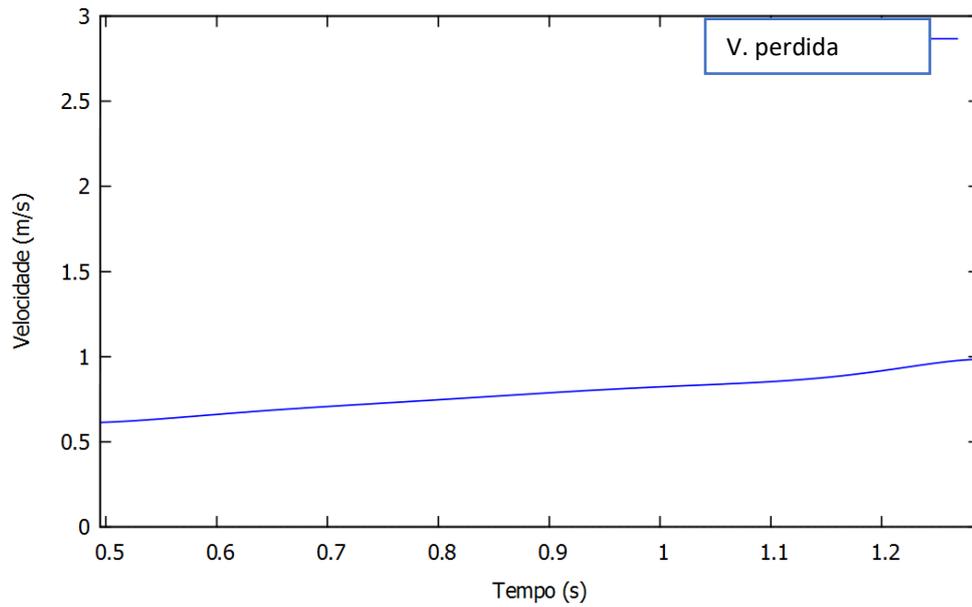
Já o Gráfico 4 mostra o comportamento da diferença de velocidades em função do tempo no decorrer da reta. O mesmo foi plotado a partir da Eq. (13), que por sua vez foi obtida a partir dos dados referentes à diferença entre a velocidade teórica e a velocidade experimental, em função do tempo, na pista horizontal. A equação (13) foi desenvolvida com o uso do software Origin e tem o formato de um polinômio de 8º grau.

$$V(t) = -210,19232 t^8 + 1326,67501 t^7 - 3556,43073 t^6 + 5266,69382 t^5 - 4683,76853 t^4 + 2537,03874 t^3 - 804,21734 t^2 + 132,61545 t - 7,59102 \quad (13)$$

No gráfico 4 pode-se notar que a dissipação da velocidade em função do tempo se mostra crescente até o final do percurso percorrido pelo carrinho.

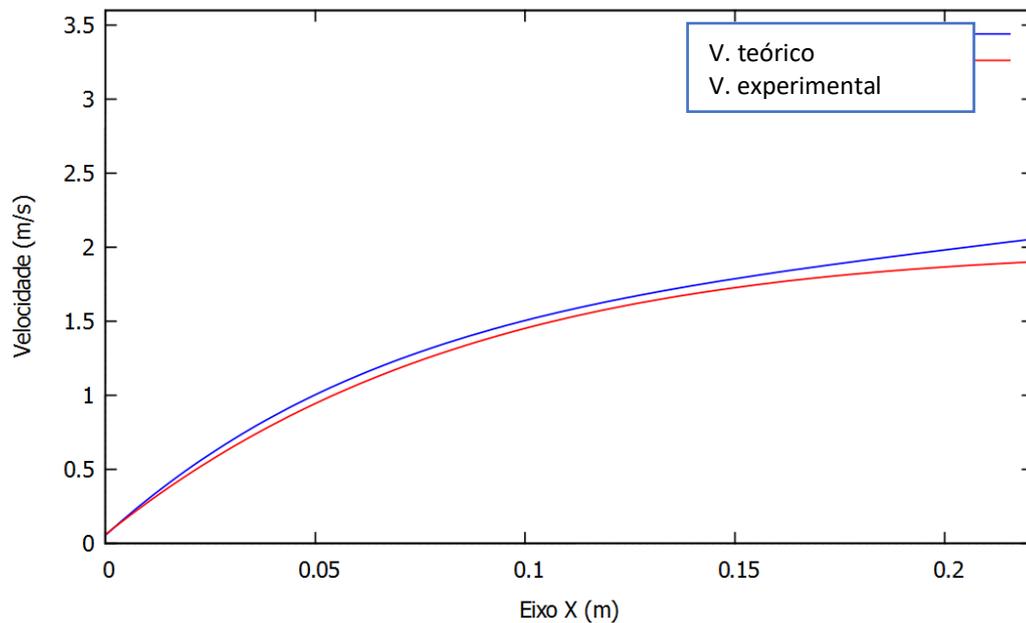
Como o tempo não representa a mesma localização no espaço entre o caso teórico e o caso experimental, a velocidade do carrinho também foi analisada em função do eixo x, já que essa análise permite identificar de forma mais clara como ocorreram a perda da velocidade para cada ponto analisado.

Gráfico 4 - Velocidade perdida, em função do tempo, na reta



Fonte: A Autora, 2019.

Gráfico 5 - Comparação entre a velocidade experimental e teórica, em função do eixo x, na rampa



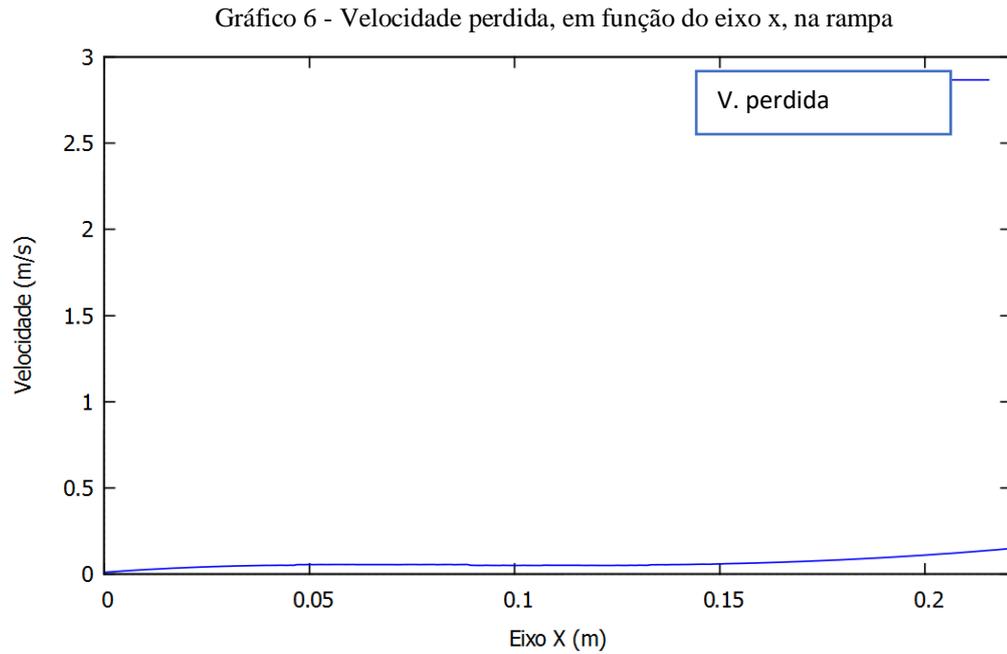
Fonte: A Autora, 2019.

O Gráfico 5 mostra a velocidade teórica e a velocidade experimental, na rampa, em função de x . Para o desenvolvimento do Gráfico 5 foi utilizada a Eq. (10) para descrever o caso teórico e a Eq. (11) para descrever o caso experimental. O intervalo de espaço do eixo x analisado, correspondente à rampa, foi do ponto $x = 0$ até $x = 0,221\text{m}$.

Assim como no Gráfico (1), o Gráfico (5) também evidencia um crescimento da diferença entre as velocidades no decorrer da rampa. Porém, essa diferença se mostra menos

acentuada no Gráfico 5. Esse fato ocorre porque no Gráfico (1) a velocidade teórica alcança seu ponto máximo em um intervalo de tempo menor que a velocidade experimental, e isso faz com que exista uma diferença gráfica entre as duas situações.

O Gráfico 6 mostra de forma mais clara como o processo de diferença entre as velocidades ocorre de forma crescente no decorrer da descida do carrinho na rampa.

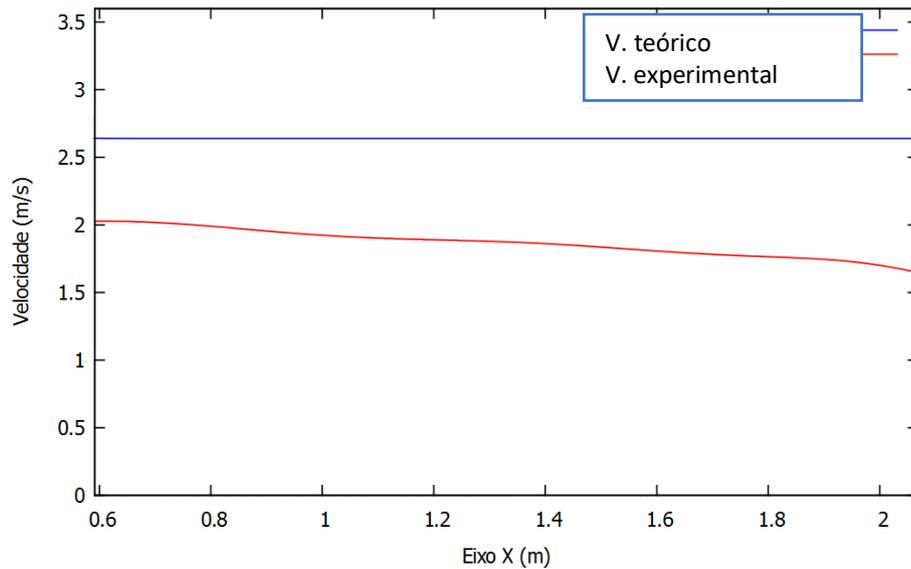


Fonte: A Autora, 2019.

A curva exposta no Gráfico (6) foi plotada a partir da seguinte equação:

$$V(x) = -143,557 x^4 + 116,9280 x^3 - 24,1943 x^2 + 1,81096 x + 0,01083 \quad (14)$$

Gráfico 7 - Comparação entre a velocidade experimental e teórica, em função do eixo x, na pista horizontal



Fonte: A Autora, 2019.

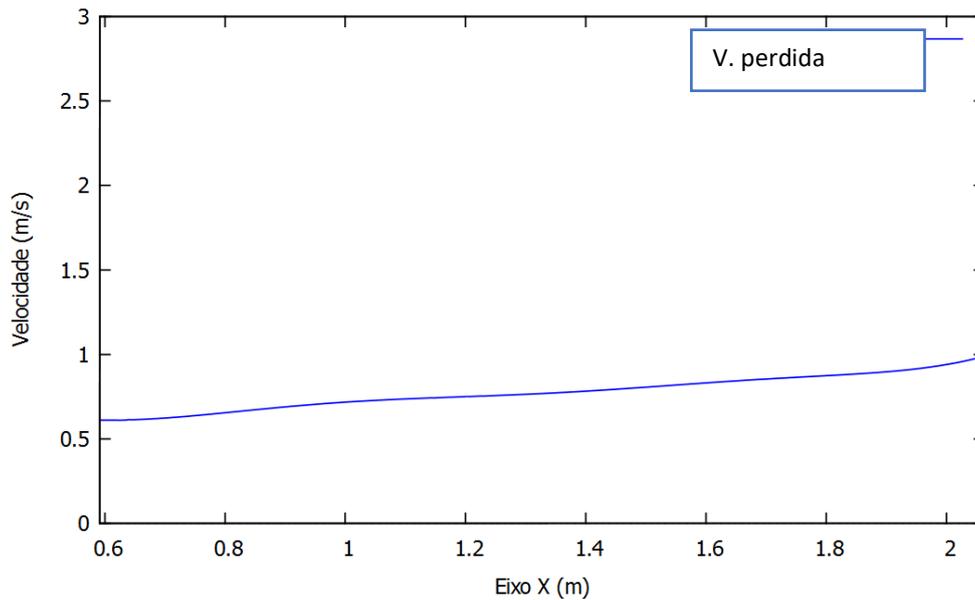
Para o desenvolvimento da análise da velocidade na pista horizontal, em função do eixo x, foi construído o Gráfico 7. Para plotar o mesmo, foi utilizada a Eq. (10) com o intervalo de $x = 0,592$ m até $x = 2,068$ m, para representar a velocidade experimental, e para representar a velocidade teórica foi colocado que $v = 2,641$ m/s, já que a velocidade teórica se mantém constante durante todo o percurso na reta.

Como podemos ver no Gráfico 7, a diferença entre as velocidades teóricas e experimentais continua aumentando, o que mostra que com o decorrer do percurso, realizado pelo carrinho, a dissipação da velocidade experimental continua aumentando.

A diferença entre a velocidade teórica e a velocidade experimental, em função do eixo x, na reta é descrita pela Eq. (14) no Gráfico 8.

$$V(x) = -1,75667 x^8 + 19,00877x^7 - 86,38172x^6 + 214,37428x^5 - 31,8628x^4 + 280,66878x^3 - 145,32223 x^2 + 39,73254 x - 3,74316 \quad (14)$$

Gráfico 8 - Velocidade perdida, em função do eixo x, na pista horizontal



Fonte: A Autora, 2019.

O Gráfico 8 confirma mais uma vez o comportamento crescente da diferença entre as velocidades e também indica a dissipação de energia, afinal se existe perda de velocidade consequentemente existe a perda de energia cinética.

Por meio da análise dos gráficos pode-se constatar que a dissipação da velocidade ocorreu durante todo o percurso. E a partir dessa constatação podemos afirmar que a conversão de energia potencial em energia cinética não ocorreu de forma integral e que isso acarretou na dissipação de energia mecânica.

Para se encontrar a energia dissipada calculada a diferença entre a energia mecânica teórica e a energia mecânica experimental, onde

$$E_{\text{mec. dissip.}} = E_{\text{mec. teor.}} - E_{\text{mec. exp.}} \quad (15)$$

De acordo com a Eq. 15, do início da trajetória na rampa até o ponto que indica o início da trajetória na pista horizontal temos a $E_{\text{mec. dissip.}} = 0,043 \text{ J}$, e no final da trajetória temos $E_{\text{mec. dissip.}} = 0,064 \text{ J}$.

5 CONCLUSÃO

Considerando as dificuldades atreladas ao Ensino de Física e toda a discussão realizada no decorrer deste trabalho, podemos constatar que o desenvolvimento das práticas tradicionais de ensino vem contribuindo de uma forma insatisfatória para a realização de um ensino crítico e significativo. Essa realidade se explica pelo conhecimento superficial que é adquirido, nessa abordagem, por meio de memorizações e realização de atividades mecânicas. Sendo assim, se torna evidente a necessidade de se adotar abordagens de ensino que promovam o aluno como sujeito atuante dentro do seu próprio processo de aprendizagem, realizando ações como pensar, sistematizar e contextualizar sobre aquilo que se está sendo estudado.

Nesse sentido, destacamos a abordagem de Ensino por Investigação, mais especificamente por meio de atividades experimentais, já que as mesmas, além de terem o potencial de despertar a atenção dos alunos, também têm o potencial de fazer com que os mesmos realizem processos que os levem à construção do conhecimento e não apenas à memorização. Essa abordagem também se mostra eficiente por poder ser realizada a partir da utilização de materiais alternativos, pois o seu desenvolvimento se baseia mais nos processos desenvolvidos do que nos materiais utilizados.

A partir dessas realidades, este trabalho teve como principal objetivo desenvolver uma proposta de laboratório, executada dentro dos moldes do Ensino por Investigação, que pudesse ser realizada a partir da utilização de brinquedos, pois os mesmos se caracterizam como materiais de fácil acesso e que têm em seu funcionamento uma grande variedade de conceitos físicos envolvidos. Sendo assim, têm um grande potencial para a realização de atividades investigativas e podem ser utilizados em diferentes realidades escolares.

Dentro dessa proposta de laboratório foi realizada uma investigação, com a utilização de Carrinhos e Pistas Hot Wheels, a respeito do comportamento da conservação de energia mecânica. Nessa etapa o objetivo principal foi de identificar se a energia mecânica de um carrinho, ao ser abandonado a partir do repouso em um percurso constituído por uma rampa e uma reta, se conserva ou não. O desenvolvimento dessa análise também tinha como objetivo detectar até que ponto poderíamos realizar uma investigação concreta de um fenômeno a partir da utilização de brinquedos.

Tendo em vista todos os processos realizados, no decorrer da metodologia e da análise de dados, podemos constatar que os objetivos traçados foram alcançados, pois além de conseguirmos montar uma proposta de atividade experimental com materiais alternativos e dentro da perspectiva do Ensino por investigação, também conseguimos identificar uma

dissipação de energia mecânica no percurso do carrinho. Onde encontramos que do início da trajetória na rampa até o ponto que indica o início da trajetória na pista horizontal temos $E_{\text{mec. dissip.}} = 0,043 \text{ J}$, e no final da trajetória temos $E_{\text{mec. dissip.}} = 0,064 \text{ J}$.

Como chegamos a um resultado para o questionamento referente à conservação de energia mecânica, podemos considerar que essa atividade como tendo potencial educacional e investigativo.

Partindo desses resultados, consideramos o desenvolvimento desse trabalho como exitoso, pois possibilitou a produção de uma proposta de atividade que além de ter um alto potencial investigativo e significativo, também tem a possibilidade de ser realizada sem a necessidade de materiais específicos de laboratório, o que vem a ser fundamental para sua reprodução em sala de aula, principalmente se considerarmos as deficiências estruturais de muitas escolas.

Também destacamos o potencial que essa atividade tem de ser aplicada em diferentes graus de escolaridade, pois a mesma pode ser executada desde o ensino fundamental 1, dentro de uma aula sobre os tipos de energia, até o ensino superior, em uma aula sobre dissipação de energia. O que muda nesses casos são os objetivos e o aprofundamento da investigação, mas a atividade em si pode ser a mesma. Os conteúdos que a mesma aborda também podem ser diferentes, pois com sua realização podem ser abordados os conceitos de velocidade, aceleração, momento etc.

E em relação às dificuldades encontradas para o desenvolvimento da pesquisa referente à conservação de energia mecânica, podemos citar as limitações encontradas nos equipamentos para o registro das imagens de uma forma mais precisa e detalhada. Como na análise com o uso do software Tracker a imagens do carrinho aparece borrada, nos instantes em que a velocidade é maior, foi necessário adotar um intervalo de tempo maior entre as marcações da velocidade, o que levou a uma dificuldade em registrar de forma mais detalhada o momento em que o carrinho deixa a rampa e começa a percorrer a reta.

O Comprimento do carrinho também dificultou a identificação do instante em que o mesmo deixa a rampa e começa a percorrer a reta, mas de uma forma geral podemos considerar que esses fatos não tiveram um grande impacto na análise como um todo. O maior impacto desses fatos foi sentido no tempo de duração das análises do experimento, pois essas dificuldades resultaram na repetição do experimento e na repetição das análises das imagens.

Por fim, consideramos como de grande relevância o desenvolvimento de alternativas de atividades como esta, que priorizem a realização de um ensino mais significativo que seja baseada na abordagem do Ensino por Investigação e que possa ser pensado de uma forma que

venha a superar as deficiências estruturais encontradas nas escolas. Sendo assim, também consideramos fundamental o desenvolvimento de materiais que reúnam diferentes alternativas como a realizada nesse trabalho, para que assim, as mesmas possam servir como norteadoras para a realização da prática docente, tanto no ensino básico, como também, no ensino superior.

REFERÊNCIAS

- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 19, n.º. 2. dez 2002, p. 291-313. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607>>. Acessado em: 14/02/2019.
- CAPECCHI, M. C. V. M.; CARVALHO, A. M. P. **Aspectos da Cultura Científica numa atividade de laboratório**. V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. n.º 5, 2005. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/venpec/conteudo/oralarea1.htm>>. Acessado em: 03/04/2019.
- CARVALHO, A. M. P. Um ensino fundamentado na estrutura da construção do conhecimento científico. **Revista Eletrônica de Psicologia e Epistemologia Genéticas**. São Paulo, v. 9, 2017. p. 131-158. Disponível em: <<http://www2.marilia.unesp.br/revistas/index.php/scheme/article/view/7144>>. Acessado em: 07/03/2019.
- _____. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências por Investigação**. São Paulo: Cengage Learning. 2014. Cap. 1, p. 1-20.
- CARVALHO, A. M. P. et al. **Calor e temperatura um ensino por investigação**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.
- PIMENTEL, E. C. **A Física nos Brinquedos**: o brinquedo como recurso institucional no ensino da Terceira Lei de Newton. Dissertação (Dissertação em Ensino de Ciências) – UnB. Brasília, p. 287, 2007.
- OLIVEIRA, A. F. **Uso e divulgação do software Livre Tracker em aulas de Física do Ensino Médio**. Dissertação (Dissertação em Ensino de Ciências) – UTFPR. Paraná, p. 121, 2014.
- ROSA, C. W. Concepções teórico-metodológicas no laboratório didático de física na Universidade de Posso Fundo. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte, v. 05, n.º 2, 2003. p. 94-108 Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-21172003000200094&script=sci_abstract&tlng=pt_>. Acessado em: 02/03/2019.