

### O ensino de física através de experimentos virtuais simulados na educação do campo

#### The flipped classroom in the teaching learning process: planning, application and evaluation in high school

 <https://doi.org/10.56238/sevedi76016v22023-087>

**Luciano Soares Pedroso**  
FIH/LEC - UFVJM e MNPEF - UNIFAL  
luciano.pedroso@ufvjm.edu.br

**Giovanni Armando da Costa**  
MNPEF - UNIFAL  
giovanni.armando.costa@gmail.com

#### 1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física na Educação do Campo passa por reestruturações indispensáveis nos dias atuais, principalmente com o avanço do uso das Tecnologias de Comunicação e Informação (TIC) em nossas salas de aulas e nas comunidades. Hoje, o Tempo Universidade (TU), tempo-espço onde os estudantes da Licenciatura em Educação do Campo da UFVJM campus Diamantina (LEC) se dedicam a ações em Ensino, Pesquisa e Extensão dentro da Universidade é regido por diálogos síncronos entre os estudantes e seus líderes comunitários via Meet; utilizamos softwares e aplicativos para viajarmos às suas comunidades nos momentos de aula; elaboramos e edificamos um texto de forma colaborativa; abusamos dos grupos de mensagens para envio de arquivos, notas de aulas, compartilhamento de vídeos e link de atividades; conhecemos o céu de uma comunidade via software livre Stellarium ou aplicativos para smartphone; realizamos medições experimentais com o aplicativos Phyphox; idealizamos uma coleta de dados atmosféricos de forma remota; dentre muitas outras atividades possíveis. Com todas essas situações em mente, em meados de 2020, em plena pandemia do Covid 19 e impossibilitados de realizar práticas experimentais em nossos laboratórios por causa do distanciamento social, nosso grupo de pesquisa idealizou a possibilidade de realizarmos os experimentos de Ciências de algumas Unidades Curriculares (UC) do Projeto Político Pedagógico da LEC de forma virtual. Para a implementação do projeto foram elencados os principais experimentos possíveis de serem transformados em Simulações Computacionais (SC) com um viés experimental através de dados coletados no laboratório de Ciências/Física da UFVJM campus JK em Diamantina - MG. Assim surgiram os Experimentos Virtuais simulados (EVS).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nossa compreensão sobre o processo de aprendizagem do estudante fundamenta-se nas ideias de Ausubel (2010) que tem sido referenciada em muitos trabalhos que consideram as TIC no ensino e aprendizagem, sobretudo no ensino de Física. Essa teoria é associada por vários autores com as teorias construtivistas cognitivistas. Moreira (2010, p. 152), por exemplo, considera que Ausubel é:

[...] um representante do cognitivismo e, como tal, propõe uma explicação teórica do processo de aprendizagem, segundo o ponto de vista cognitivo, embora reconheça a importância da experiência afetiva. Para ele, aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva

De fato, para Ausubel (2010), aprendizagem significativa é um processo no qual uma nova informação é entrelaçada a um ponto relevante na estrutura cognitiva do estudante.

Nesse sentido podemos supor que certo conteúdo previamente armazenado sobre os conceitos de Ciências do Ensino Médio, conteúdo abordado em nossa proposta, representará uma forte influência no processo de aprendizagem de um estudante, sendo necessárias três condições para objetivação da aprendizagem significativa: (a) a predisposição do aprendiz para se relacionar com o conteúdo apresentado; (b) a ocorrência de um conteúdo mínimo na estrutura cognitiva do estudante; (c) O material a ser utilizado deve ser potencialmente significativo

## 3 METODOLOGIA/MATERIAL E MÉTODOS

Para que as intervenções pedagógicas ocorressem de forma síncrona e virtual com os estudantes da LEC, desenvolvemos um ambiente com Experimentos Virtuais Simuláveis (EVS) contendo simulações envolvendo conceitos de Ciências e de Física Geral, que pudessem ser utilizados de forma remota ou presencial e propiciassem uma complementação pedagógica à prática do professor, visando proporcionar uma aprendizagem significativa de conceitos científicos com uma abordagem experimental. Partindo da hipótese que os EVS provocam mudanças conceituais no estudante, possibilitando-lhe a evolução do senso comum para um conhecimento mais estruturado, desenvolvemos cerca de 80 EVS, que abarcam a grande maioria dos conceitos de Ciências e de Física estudados ao longo da habilitação em Ciências da Natureza da LEC.

Para que os EVS, com viés experimental, fossem implantados nas UC de Mecânica, Leis de Newton e Energias, Termodinâmica e Óptica e Eletromagnetismo e Nanotecnologia, o grupo de pesquisa desenvolveu, para cada um dos EVS arquitetados, uma Sequência Didática (SD). Ao se elaborar as SD, preocupamos demasiadamente com a construção do experimento no laboratório de Ciências/Física e com a coleta dos dados obtidos com a experimentação.

Para que os EVS fossem articulados às UC da LEC, realizamos com os estudantes um *webnário* síncrono onde foi demonstrado as potencialidades e limitações de cada um dos EVS. Após o *webnário*,

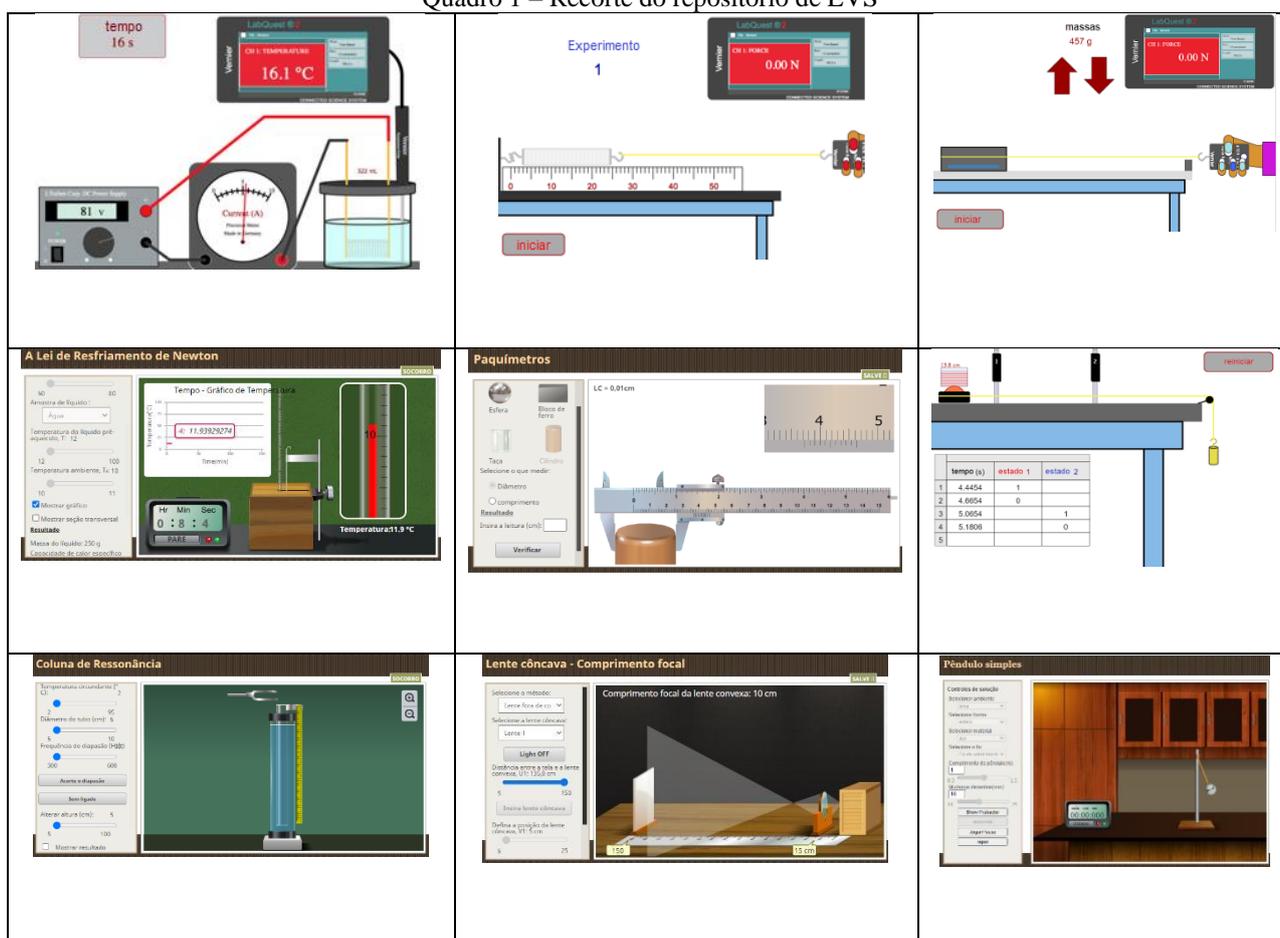
iniciou-se as aulas das UC de Física pertencentes ao semestre letivo e em substituição – destaca-se aqui os limites de cada EVS - às aulas práticas, utilizou-se os EVS.

A escolha dos conteúdos/conceitos tratados nos EVS apresenta, de forma geral, um grau de dificuldade muito alto, pois os estudantes costumam confundir conceitos, associando grandezas mesmo quando uma não interfere na outra, usando uma grandeza no lugar de outra e, também, porque as situações que envolvem esses temas são muitas vezes complexas de serem demonstrados em aulas experimentais ou mesmo desprendem de aparatos de alto investimento financeiro.

Desse modo, a pesquisa realizada tem como objetivo principal determinar se o uso de EVS que envolvem o estudo de variados temas de Física no Ensino Superior são capazes de provocar mudanças conceituais nos estudantes, permitindo-lhes a construção de novos conhecimentos em uma perspectiva de aprendizagem significativa.

Na fase inicial da intervenção, enviou-se aos estudantes o repositório dos EVS via link e, acompanhando os respetivos EVS, uma Sequência Didática (SD) para apoiá-los. O quadro abaixo ilustra um recorte do Repositório de EVS.

Quadro 1 – Recorte do repositório de EVS



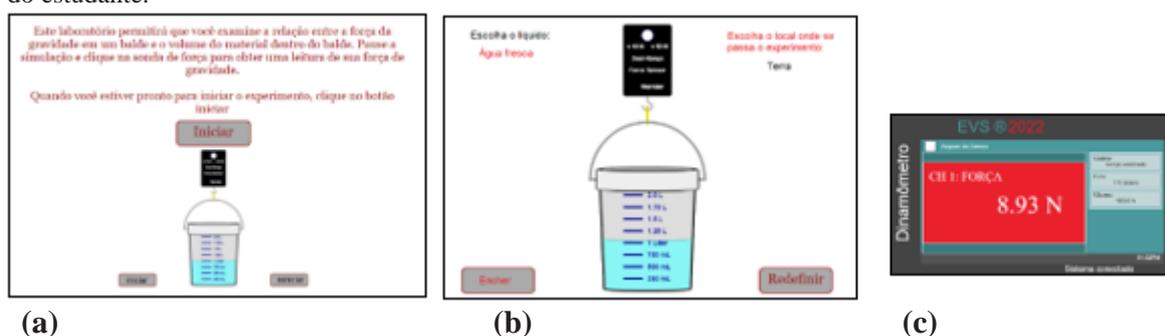
Fonte: Elaborada pelos autores.

## Construção do repositório de EVS

Utilizou-se o *software Easy Java Simulations na compilação de Java Script (js)* em função de seus inúmeros recursos que permitem construir simulações que se aproximam de um fenômeno físico, com alto grau de interatividade e aporte de uma biblioteca de arquivos que possibilitam alterar as questões propostas aos estudantes em cada momento que este manipula os experimentos virtuais. Embora com esse *software* o usuário possa criar suas simulações, optou-se por solicitar aos estudantes que interagissem com simulações previamente elaboradas e com as SD adequadas aos conteúdos em questão. Isto porque o intuito da pesquisa é avaliar as potencialidades que os EVS têm de provocar mudanças conceituais nos estudantes.

O diálogo representado pela figura 1a possibilita ao estudante conhecer sobre os conceitos que ele necessitará no momento de iniciar o EVS. A figura 1b representa o EVS Força Gravitacional em um Balde. Quando o estudante se sente preparado em acionar o seu funcionamento ele clica em “iniciar” e escolherá entre 6 tipos de líquido a ser colocado no balde e 6 tipos de planetas e satélites onde o experimento será conduzido. Após a escolha, o líquido vai preenchendo o balde – sem o controle do estudante - até que ele clique no “sensor Vernier”. Momento antes de clicar no sensor Vernier, ele deve anotar o volume de líquido atingido conforme a graduação contida no balde. Após clicar no sensor Vernier surgirá uma imagem em destaque conforme a figura 1c indicando o valor da força de sustentação do balde, graduada em newtons. Vale destacar que esse valor indicado em newtons oscila em torno de um pequeno desvio padrão inserido no momento da programação/compilação do EVS.

FIGURA 1 – (a) Diálogo proposto no EVS “Força Gravitacional em um Balde”. (b) Representação do EVS com seus botões de escolha e acionamento. (c) Representação do sensor Vernier com o valor indicado da força de sustentação do balde conforme escolhas do estudante.



Fonte: Elaborada pelos autores.

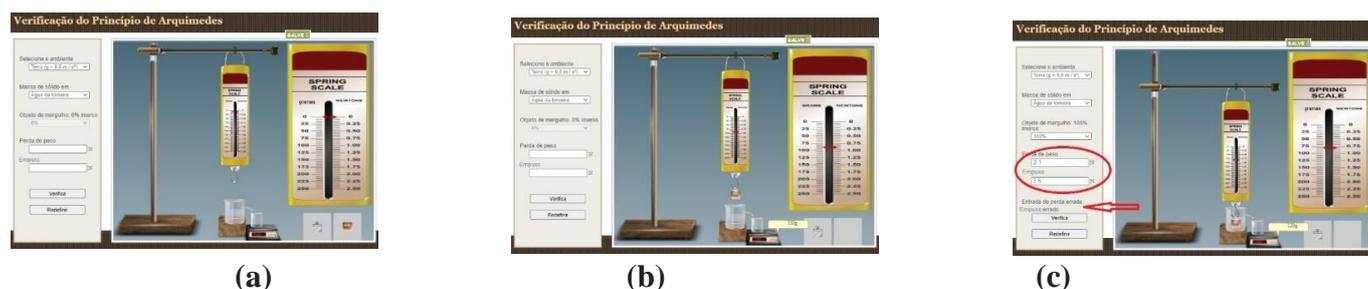
Com esses dados em mãos, o estudante é capaz de encontrar o valor da aceleração gravitacional do planeta/satélite escolhido no momento inicial, além da densidade do líquido envolvido no experimento, confrontando com dados coletados na literatura da área. Para encontrar a aceleração gravitacional, ele deverá “descobrir” que será necessário realizar uma consulta, via web ou livro, da densidade do líquido escolhido por ele.

Este tipo de EVS possui um destaque individualizador. O estudante deve escolher o líquido e o local de realização do experimento, mas não possui controle na vazão do líquido para dentro do balde, tornando

o EVS um experimento virtual simulado com alto grau de interação, iconicidade e granularidade que o abastece de conceitos científicos com um viés experimental e de descoberta, mesmo sendo realizado virtualmente.

Na figura 2, o EVS evidenciado possui uma perspectiva de quiz pois o estudante deve escolher o ambiente (entre 6 disponíveis), se a massa do sólido está submersa do (ar, água da torneira ou água salgada), escolher o tipo de sólido (bloco de ferro ou bloco de cobre), qual o percentual do sólido estará submerso no líquido escolhido, realizar a leitura no dinamômetro (que não possui um valor exato – cabendo ao estudante a escolha do valor mais adequado, conforme sua leitura); efetuar a leitura da balança digital; proceder aos cálculos da perda de peso e do empuxo recebido pelo bloco, digitar o valor nos campos apropriados e receber o retorno (acerto ou erro) do EVS.

FIGURA 2 – (a) Representação do EVS “Verificação do Princípio de Arquimedes” com seus campos de escolha. (b) Representação do EVS “Verificação do Princípio de Arquimedes” após algumas escolhas realizadas pelo estudante. (c) Representação do EVS “Verificação do Princípio de Arquimedes” após digitar os valores da perda de peso e do empuxo recebido, bem como o retorno dado pelo EVS após o estudante clicar em “verificar”.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Assevera-se que todos os EVS foram acompanhados de sua respectiva SD onde os estudantes foram instigados a responder algumas questões acerca dos conceitos envolvidos, bem como das trilhas a serem seguidas para que alcançassem uma aprendizagem significativa dos assuntos tratados.

### Desenvolvimento da proposta metodológica

O desenvolvimento da proposta se deu aplicando inicialmente ao grupo de estudantes um levantamento prévio (L1) de forma virtual – via *Google Forms*. A seguir, receberam o link do repositório dos EVS, juntamente com suas SD. Os estudantes tiveram 21 dias para manipular os EVS e responder às questões contidas nas SD. Após cerca de 30 dias da entrega das SD, os estudantes foram submetidos a um novo levantamento, denominado (L2).

Como as respostas dadas ao L1 e ao L2 continham justificativas, julga-se importante ao invés de simplesmente classificá-las como corretas ou incorretas, proceder a uma análise de conteúdo conforme pressupõe Bardin (2010). Segundo a autora, há três etapas básicas nos trabalhos com a análise de conteúdo: (a) pré-análise: organização de todos os materiais que serão utilizados para a coleta dos dados, assim como

outros materiais que podem ajudar a entender melhor o fenômeno; (b) descrição analítica: nesta etapa o material reunido que constitui o corpus da pesquisa é mais bem aprofundado, sendo orientado em princípio pelas hipóteses e pelo referencial teórico; (c) interpretação referencial: é a fase de análise propriamente dita.

### Recorte de uma questão proposta no repositório dos EVS

Nos levantamentos L1 e L2 da intervenção, os estudantes eram submetidos a questões interativas alicerçadas pelos EVS. Para este trabalho, acrescenta-se o recorte de apenas um EVS.

Título do EVS: Força Gravitacional. Texto que acompanha a abertura do EVS: Neste EVS, você receberá uma garrafa plástica com diferentes quantidades de água. Seu objetivo é encontrar a relação entre a massa da garrafa e a força gravitacional aplicada pelo planeta a ela. Depois de desenvolver sua equação, você a usará para fazer previsões sobre coisas que ainda não mediu. Clique no botão abaixo para iniciar a atividade. A figura 3 ilustra a situação.

FIGURA 3 – Tela da questão relacionada aos conceitos de massa e peso.

### EVS-Força Gravitacional

Neste EVS, você receberá uma garrafa plástica com diferentes quantidades de água. Seu objetivo é encontrar a relação entre a massa da garrafa e a força gravitacional aplicada pelo planeta a ela.

Depois de desenvolver sua equação, você a usará para fazer previsões sobre coisas que ainda não mediu.

Clique no botão abaixo para iniciar a atividade.

Iniciar

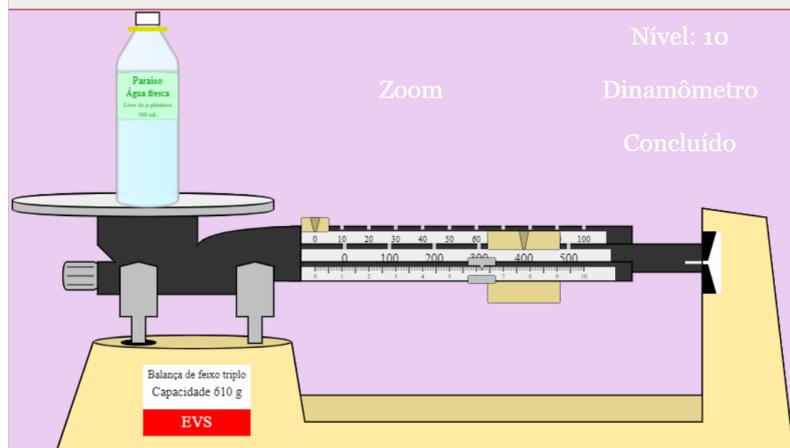
Fonte:Elaborada pelos autores.

A figura 4 abaixo representa a tela inicial do EVS.

FIGURA 4 – Tela da questão relacionada aos conceitos de massa e peso.

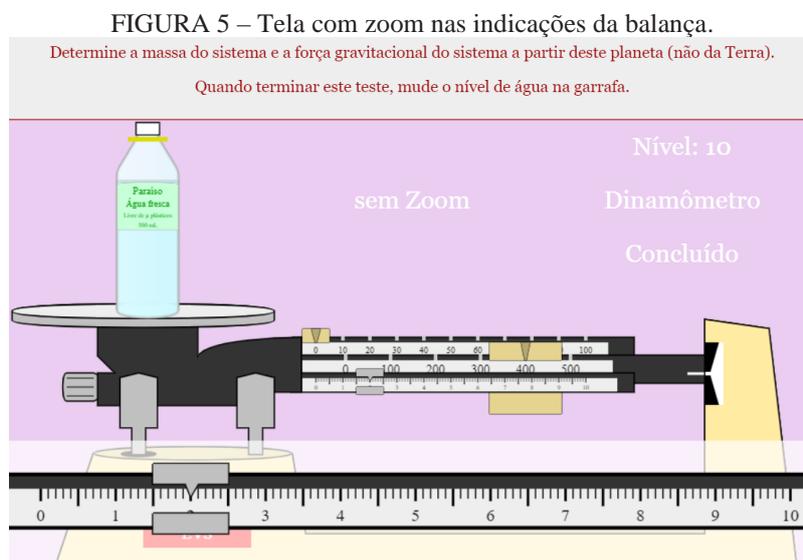
Determine a massa do sistema e a força gravitacional do sistema a partir deste planeta (não da Terra).

Quando terminar este teste, mude o nível de água na garrafa.



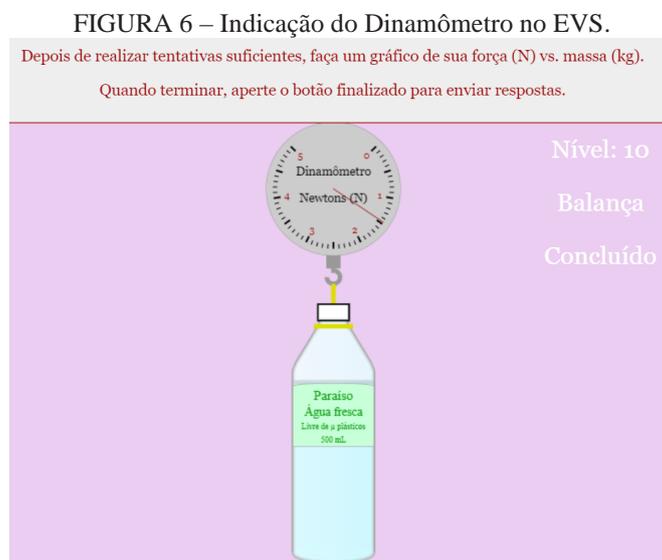
Fonte: Elaborada pelos autores.

A figura 5 demonstra algumas características importante do EVS. Nesta tela o estudante pode ampliar o visual dos indicadores da balança e, ainda, modificar o nível da sua atividade, variando-o de 1 a 10.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Após o estudante aferir a massa da garrafa e da água contida em seu interior através da balança de feixe triplo, ele pode afilar o peso através do dinamômetro – figura 6.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Observa-se na imagem acima, a necessidade de elaboração de um gráfico com os dados coletados ao se passar pelos 10 níveis da atividade pelo EVS. Após a construção do gráfico o estudante é instigado e responder algumas questões relacionadas aos conceitos científicos envolvidos. Ao clicar em “Concluído” o estudante é levado a uma tela onde deve inserir seu nome, o valor da força gravitacional local e, de forma randômica, encontrar o peso (em N) para diferentes massas propostas no experimento daquele estudante. A figura 7 representa as trilhas onde o estudante deve inserir os resultados do experimento. Destaca-se aqui

que cada estudante receberá uma proposta de questão diferente daquela de seus colegas, de forma randômica.

FIGURA 7 – Espaço randômico gerado pelo EVS onde o estudante deve inserir suas respostas.

Faça um gráfico da força gravitacional (N) vs. massa (kg) do sistema.  
Use a equação do seu gráfico para determinar o peso de um objeto com 434.0 g, naquele planeta.

Insira a sua resposta abaixo

Sem unidades de medidas

Nome:

Aceleração gravitacional (N/kg):

Peso em (N) para 434 g:

Fonte: Elaborada pelos autores.

Após os cálculos, considerando a situação proposta, e aqui chama-se a atenção pois para cada estudante o EVS simula uma situação diferente em relação à massa de água na balança e à força gravitacional. Ao clicar em “Submeter” o EVS corrige as questões propostas, conforme a previsão dos cálculos realizado pelo estudante e retorna os dados digitados além de fornecer o percentual de acerto das respostas em comparação aos valores considerados corretos. A figura 8 elenca o que foi descrito no parágrafo anterior.

FIGURA 8 – Tela final do experimento com o nome do estudante, seus resultados e o processo de *feedback*, em percentual, dado pelo EVS.

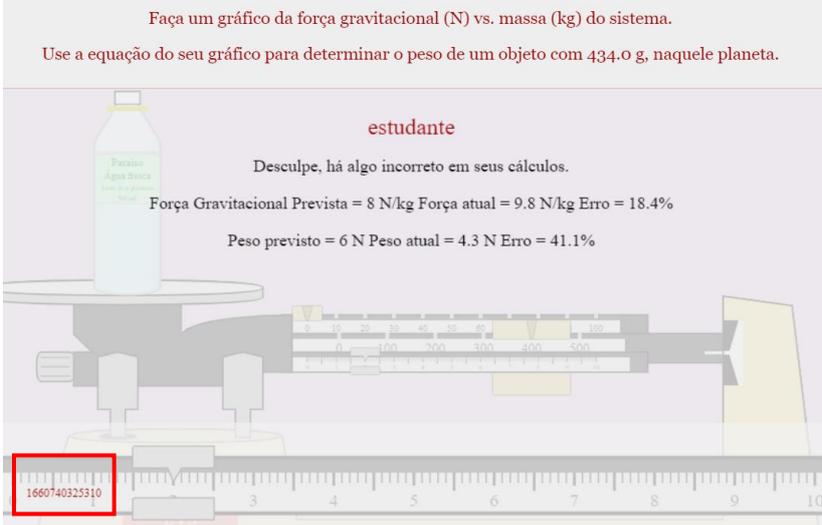
Faça um gráfico da força gravitacional (N) vs. massa (kg) do sistema.  
Use a equação do seu gráfico para determinar o peso de um objeto com 434.0 g, naquele planeta.

estudante

Desculpe, há algo incorreto em seus cálculos.

Força Gravitacional Prevista = 8 N/kg Força atual = 9.8 N/kg Erro = 18.4%

Peso previsto = 6 N Peso atual = 4.3 N Erro = 41.1%



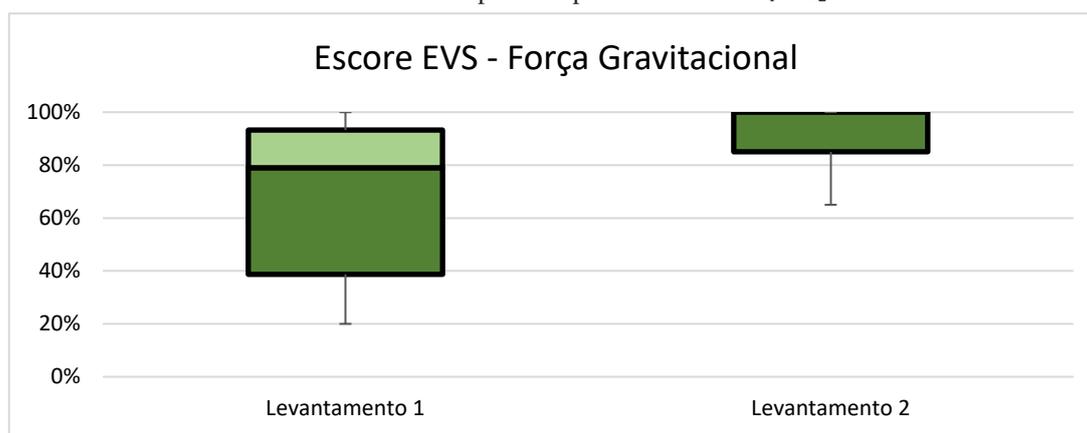
1660740325310

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na figura 8 há um destaque especial na parte inferior esquerda – box na cor vermelha. A sequência numérica em destaque reporta ao código que o professor receberá em seu e-mail após a finalização do experimento por parte do estudante. Caso seja da preferência do professor da turma, ao receber e clicar sobre o código, ele terá acesso à tela final do experimento e, assim, oportunizará um *feedback* a este estudante.

O gráfico abaixo certifica os resultados obtidos no L1 e no L2 ao longo da intervenção para este EVS com os estudantes da LEC.

FIGURA 6 – Comparativo percentual entre L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub>.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Percebe-se, que o gráfico do tipo Boxplot da figura 6, assinala um ganho percentual significativo sobre a compreensão dos conceitos tratados no EVS quando se compara a dispersão das respostas do L1 para o L2. A aglutinação das respostas em torno de 100% corretas no L2 indicam a qualidade e a potencialidade do material e constitui-se como uma ferramenta cognitiva facilitadora para que se tenha aprendizagem significativa dos conceitos envolvidos. Este ganho está relacionado à manipulação da SD4 que acompanha o EVS (Relação entre massa e peso) como se vê na pequena amostra dos relatos abaixo.

As informações (L2SD4E6) significa Levantamento 2, Sequência Didática 4 respondida pelo Estudante 6.

“O professor disponibilizava o EVS necessário e podíamos "experimentá-lo" quantas vezes quiséssemos, a fim de aprender os conceitos envolvidos.” (L<sub>2</sub>SD<sub>5</sub>E<sub>1</sub>)

“O EVS dava condições de nós mesmos construirmos os gráficos e chegarmos as conclusões.” (L<sub>2</sub>SD<sub>5</sub>E<sub>3</sub>)

“O experimento força gravitacional possui muitas trilhas pra gente construir o conhecimento além de construir o gráfico e chegar na equação e usar a equação pra descobrir outras coisas”. (L<sub>2</sub>SD<sub>5</sub>E<sub>6</sub>)

“Falando sobre este EVS, no começo ele propôs o básico da ideia de força gravitacional, como algarismos significativos, como medir, como arredondar um número, saber até quando um erro é aceitável. Depois o EVS começou a mostrar uma metodologia que tinha os experimentos dentro, que com o tempo foram evoluindo até um ponto onde tínhamos que pensar para resolver, não apenas fazer.” (L<sub>2</sub>SD<sub>8</sub>E<sub>11</sub>)

Os programas foram muito bem desenvolvidos, as interfaces são fáceis e intuitivas de utilizar e tudo acaba corroborando com o caráter didático dos EVS's.” (L<sub>2</sub>SD<sub>12</sub>E<sub>14</sub>)

Os depoimentos elencados acima asseveram que os EVS, ao serem empregues para estabelecer um maior nível de atenção, apoiar o raciocínio e auxiliar a visualização e interpretação de fenômenos articulados a elementos dessas intervenções, colaboram para a predominância de aprendizagem significativa por estimular o estabelecimento de relações intencionais entre os conceitos a serem assimilados e a estrutura cognitiva do estudante, além de facilitar a criação de subsunçores. Quanto aos aspectos da aprendizagem significativa ressalta-se o conflito cognitivo, a aprendizagem conceitual, a motivação, a construção coletiva do conhecimento, o papel dos EVS e a complementaridade entre desafio e criação de hipóteses.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nesta proposta de ensino de Física utilizou-se estratégias que possibilitassem a utilização de EVS como ferramenta para a promoção da aprendizagem significativa de conceitos de Física. Confirmou-se o que a literatura defende no que diz respeito à importância dos conceitos prévios do estudante para a realização do processo ensino-aprendizagem de forma significativa a partir de conjunto de situações-problema exploradas via EVS de modelos, ambientados em páginas HTML5.

A utilização dos EVS com alto grau de interatividade e granularidade, como aquelas demonstradas no quadro 1, e ambientadas em arquivo HTML5 mostrou-se um viés metodológico adequado para operacionalização das atividades de sondagem, investigação e construção de conceitos. Nas condições em que foram realizadas as atividades – via remota, percebeu-se que o domínio conceitual e a capacidade de aplicação ou abstração dos conceitos dos estudantes em situações diversas não coexistem no mesmo nível cognitivo, mas que são complementares, pois diante da constatação dos índices dos escores obtidos nos dois levantamentos, considerando as SD, tendem a refletir um ganho conceitual desses estudantes quando o aspecto focado é o percentual de “respostas certas” no L2 em relação ao L1.

Neste momento é que se faz necessário e importante destacar o papel dos recursos gráficos, das escolhas de objetos e locais, dos cálculos possíveis que viabilizaram a verificação e constatação de resultados e da modificação de ambientes e manipulação de variáveis de maneira intuitiva e com alto grau de interatividade.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T., ABIB, M. L. V. S., - Atividades experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. **25**, 2, p. 176-194, Junho de 2003.

ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma Revisão da literatura sobre Estudos Relativos a Tecnologias Computacionais no Ensino de Física. **Revista ABRAPEC**, v. 4, n.3, p. 5-18, maio/ago, 2004.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HA- NESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 2010.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2010.

CARDOSO, S. O. O., DICKMAN, A. G. **Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para o ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 29, n. Especial 2, p. 891- 934, 2012.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. Questões Epistemológicas nas iconicidades de representações visuais em livros didáticos de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 1, n. 1, p. 103-117, jun. 2002.

SMETANA, L. K., BELL, R. L. **Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature**. International Journal of Science Education, Abingdon, Volume 34, Issue 9, Pages 1337-1370, 20