



APLICAÇÃO DAS LEIS DE NEWTON COMO PROCESSO ALGORÍTMICO E O DESENVOLVIMENTO DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL

Venerando Santiago de Oliveira ¹

RESUMO

O desenvolvimento da habilidade do pensamento computacional tem ganhado bastante destaque nos anos recentes e teve enorme impulso após a publicação, em 2022, do documento anexo à BNCC que organiza e orienta o ensino de Computação na Educação Básica. Há diversas pesquisas e trabalhos que evidenciam os benefícios para a aprendizagem da inserção do computador no ambiente escolar, ideia defendida há bastante tempo, entre outros autores, por Seymour Papert em seu livro *Mindstorms*. No entanto, a habilidade do pensamento computacional tem sido associada de forma restritiva ao uso de computadores e aprendizado de linguagens de programação ou então como uma habilidade a ser desenvolvida exclusivamente nas aulas de Matemática. Para além disso, o pensamento computacional, como afirma Jeanette Wing, é antes de tudo uma habilidade do intelecto humano, uma maneira lógica como os seres humanos são capazes de pensar, independente de artefatos, mas que pode certamente ser potencializada pelo uso de computadores e linguagens de programação. Embora seja facilmente associada ao trabalho de cientistas, programadores, trata-se de uma habilidade essencial para todas as pessoas em diferentes contextos da vida cotidiana. Partilhando dessa ideia introduzimos há algum tempo, em aulas de Física no Ensino Médio, sequências didáticas de apresentação das leis de Newton de forma que os estudantes pudessem construir um pensamento algorítmico para a sua aplicação com o objetivo de potencializar a capacidade de resolução de problemas típicos em Dinâmica. Um diagrama autoral traduz como o pensamento computacional é construído nessas aulas evidenciando que a terceira lei de Newton precede as outras duas, permitindo a identificação das forças e a compreensão de que a primeira e segunda leis são mutuamente excludentes e envolvem uma tomada decisão a partir do cálculo da resultante das forças. Os resultados dessa abordagem em sala de aula têm se mostrado bastante positivos.

Palavras-chave: pensamento crítico, pensamento computacional, Física, Leis de Newton, algoritmo.

INTRODUÇÃO

Em 1995, em seu livro intitulado *A Vida Digital*, o professor, pesquisador e idealizador do Media Lab no MIT – Massachusetts Institute of Technology, Nicholas Negroponte, afirmava que o mundo estava em transição dos átomos para os bits e que a maneira como consumíamos, aprendíamos, nos comunicávamos e nos relacionávamos estava se tornando leve e rápida, na velocidade da luz dos cabos de fibra óptica. Entre suas pesquisas no Media Lab, incluíam-se iniciativas de baratear a produção e levar o computador pessoal (laptop) para a sala de aula como ferramenta indispensável e facilitadora da aprendizagem. Para ilustrar a capacidade visionária de Negroponte: a Amazon era uma recém surgida (1994) loja online de livros, restrita ao território dos Estados Unidos; o ainda tímido buscador Google foi lançado apenas em 1998;

¹ Mestrando em Ensino de Astronomia pela Universidade de São Paulo – USP, pós graduando em Neurociências pela UNIFESP, professor e autor do Colégio e Curso Poliedro – SP, venne.so@gmail.com



as redes sociais Orkut e Facebook foram lançadas em 2004 e as iniciativas educacionais utilizando o computador ainda eram tímidas e incipientes. Décadas se passaram e vemos hoje quase que uma onipresença dos computadores e das tecnologias digitais nas várias facetas da vida diária. Vivemos verdadeiramente em um mundo de bits!

Anos antes das ideias de Negroponte, já despontava o nome de outro pesquisador emblemático do MIT – o matemático e educador Seymour Papert, importante teórico que já preconizava o uso dos computadores na educação, como em suas obras *Mindstorms: children, computer and powerful ideas* (1980) e *A Máquina das crianças: repensando a escola na era da informática* (1993). Papert também foi um dos criadores da linguagem LOGO, no final dos anos 1960, com fins explicitamente educacionais para que os estudantes pudessem refletir sobre a própria capacidade de pensar, utilizando-se dessas maravilhosas máquinas.

Desde os trabalhos pioneiros e paradigmáticos de Papert e Negroponte, muitos pesquisadores e pesquisadoras vêm desenvolvendo iniciativas e ações concretas na maneira como os computadores e o conhecimento computacional podem potencializar o processo de ensino – aprendizagem e ampliar a qualidade da Educação nos diferentes níveis de escolaridade.

Para além dos computadores, a universalização do acesso à internet e a disseminação de uma cultura digital foram muito mais aceleradas com a chegada dos telefones celulares inteligentes, mas ainda esbarramos no alcance das redes de telefonia celular, na qualidade e estabilidade das conexões, bem como em sua velocidade e os sempre altos custos de acesso.

Esse é um problema que vem sendo resolvido de forma gradual, porém extremamente lenta, adiando o cumprimento real do que é preconizado pela Lei de Diretrizes e bases da Educação (LDB) no Título II – Dos Princípios e Fins da Educação Nacional, em seu artigo 2º:

“A educação, dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho.”
(BRASIL, 1996)

Deve ser ressaltado que o computador, isolado ou em rede – como máquina (hardware) e como programas e aplicativos (software) que nele rodam – é mera ferramenta que se torna completamente esvaziada de sentido e de potencial educacional caso os estudantes não desenvolvam, anteriormente ou em paralelo, as necessárias competências e habilidades computacionais para que sejam capazes de explorar o que as tecnologias digitais podem



oferecer para suas aprendizagens e desenvolvimento pessoal, social e profissional. Mas quais seriam essas *competências e habilidades computacionais*?

Um dos referenciais que surge na tentativa de responder a essa pergunta foi apresentado por Wing (2006) num texto de 3 páginas em que ela propõe o que chamou de Pensamento Computacional. Nesse texto, ela coloca o Pensamento Computacional como uma capacidade cognitiva fundamental para qualquer pessoa, em qualquer contexto e de tamanha importância a ponto de ser posicionada ao lado da capacidade de leitura, escrita e matemática básica como fundamentais na construção do intelecto de todo ser humano. Credita-se a ela a criação do termo e o impulso importante em um movimento, que perdura até os dias atuais, visando a inserção cada vez maior da computação como disciplina escolar específica e permeando o trabalho pedagógico de forma geral.

Os quatro pilares do Pensamento Computacional

Definir o conceito de Pensamento Computacional tem sido uma tarefa árdua e não há consenso sobre o tema, mesmo com diferentes pesquisadores da área de Ciência da Computação e da Educação, entre tantos outros interessados se debruçando continuamente sobre esse problema.

No entanto, há uma certa convergência que aponta para o entendimento de que o Pensamento Computacional é uma capacidade cognitiva fundamental de resolução de problemas teóricos ou práticos que se assenta sobre quatro pilares: decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e construção de algoritmo de resolução.

- **Decomposição:** os problemas a serem resolvidos, muitas vezes são complexos e podem ser divididos em partes menores a fim de facilitar sua abordagem e resolução.
- **Reconhecimento de padrões:** ao dividir os problemas em partes, podemos reconhecer características comuns entre as partes que constituem padrões que se repetem. Encontrar e registrar esses padrões facilitará a solução do problema.
- **Abstração:** os problemas, mesmo quando divididos em partes, possuem muitas características e detalhes que não influenciam diretamente no caminho de solução escolhido. Assim, uma modelagem simplificada do problema real (ou abstração), que envolva apenas as características e informações relevantes pode reduzir drasticamente a dificuldade da solução do problema.



- **Construção do algoritmo:** estabelecimento dos passos necessários, considerando sua ordem de execução, duração e complexidade para a solução do problema abordado.

Wing realizou posteriormente palestras sobre o tema e publicou outros artigos associando cada vez mais explicitamente o Pensamento Computacional com a área de Ciência da Computação (sua área de origem), conectando o termo à capacidade de resolver problemas com o auxílio de computador ou por humanos, mas à maneira dos computadores².

Há diversas críticas a essa interpretação restrita do termo apontando que o Pensamento Computacional, como paradoxalmente Wing inicialmente descreveu, é uma capacidade para qualquer pessoa, não se restringindo a engenheiros e cientistas da computação. Logo, como destaca Santaella (2013), esse trabalho pode ser desenvolvido em diferentes contextos no trabalho escolar, em diferentes componentes curriculares. Essa é a ideia que defendemos nesse artigo.

Para isso, escolhemos um assunto considerado clássico e consagrado em aulas de Física – as leis de Newton e suas aplicações – para exemplificar e demonstrar como o Pensamento Computacional pode ser construído de forma simples e eficiente, sem recorrer única e exclusivamente ao raciocínio lógico matemático ou a computadores e linguagens de programação, como tem sido aparentemente a escolha dominante.

METODOLOGIA

Em aulas regulares de Física em turmas de alunos em vias de prestar os vestibulares nacionais (turmas de pré-vestibular), as Leis de Newton são apresentadas de forma tradicional expositiva e sequencial, com posterior aplicação na resolução de problemas, muitas vezes desconectados entre si, dando a ideia de independência e aplicação seletiva de cada uma das três leis.

Em nosso trabalho, mesmo com as restrições pedagógicas impostas por uma programação conteudista vasta e com prazos bastante limitadores, optamos por duas estratégias que julgamos eficientes: exposição dialogada do conteúdo de cada uma das três leis e explicitação do vínculo entre as três leis formando um conjunto conceitual consistente e poderoso na análise do movimento dos corpos e suas variações.

² Recentemente em 2022, foi publicado o documento complementar à BNCC versando sobre Computação. Em muitas de suas propostas de competências e habilidades, operações matemáticas e as linguagens de programação aparecem em evidente destaque. Isso ajuda a explicar por que em boa parte das escolas atuais o desenvolvimento do Pensamento Computacional vincula-se às aulas de Matemática ou constitui-se uma disciplina isolada com forte uso de computadores e linguagens de programação.



Dessa forma, a 3ª lei de Newton – Princípio da Ação/Reação – é apresentada em primeiro lugar ressaltando-se que forças não são entidades físicas reais, mas modelos que explicam a interação entre dois corpos físicos sólidos. Após isso, os diferentes tipos de interações são apresentados e discutidos para que os estudantes compreendam as maneiras pelas quais os corpos sólidos interagem e como essas interações podem modificar suas velocidades.

Em seguida, é apresentado o conceito de força resultante como elemento de abstração que facilita a análise de múltiplas interações a que um corpo se submete, permitindo compreender mais facilmente como sua velocidade será modificada por esse conjunto de interações.

A 1ª lei – Princípio da Inércia – e a 2ª lei – Princípio Fundamental – são apresentadas em seguida, como que constituindo duas facetas da mesma moeda. Ou seja, conhecendo-se a força resultante (ou resultante das forças) aplicada sobre um corpo, pode-se compreender se sua velocidade será mantida (resultante igual a zero) ou alterada (resultante não nula). O objetivo principal é encontrar a aceleração do corpo pois ela sintetiza o comportamento de sua velocidade.

Os alunos então são incentivados a aplicar o procedimento sistematizado em todos os exercícios propostos posteriormente. A expectativa, como adiantamos, é que os estudantes passem a compreender as leis de Newton como um conjunto coeso e consistente de conceitos e potencializem as suas capacidades de resolução de problemas de Dinâmica a partir dessa experiência de aprendizagem.

Exemplo típico de aplicação do método desenvolvido: balança em elevadores

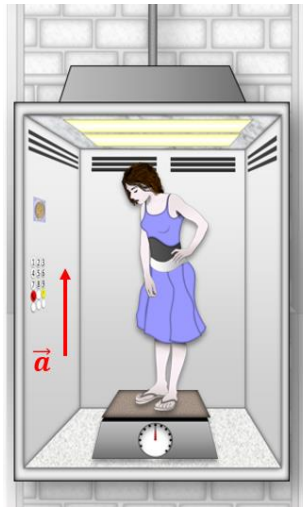
Um problema bastante conhecido e utilizado em aulas de Dinâmica para a aprendizagem das leis de Newton refere-se ao comportamento de uma balança de piso (mecânica ou digital) quando colocada em um elevador vertical.

Ao contrário do que o senso comum leva a crer, balanças como essas não medem nosso peso e nem nossa massa. Esse tipo de balança mede a intensidade com que seu prato é empurrado para baixo, ou seja, a intensidade da força com que a balança é comprimida. Podemos notar isso facilmente em balanças de padarias quando colocamos nossa mão sobre seu prato e cuja leitura aumenta gradualmente à medida em que nossa mão empurra seu prato para baixo.

Assim, quando uma balança como essa é colocada em um elevador que se movimenta com aceleração vertical, a força de compressão (força normal N) aplicada em seu prato pode

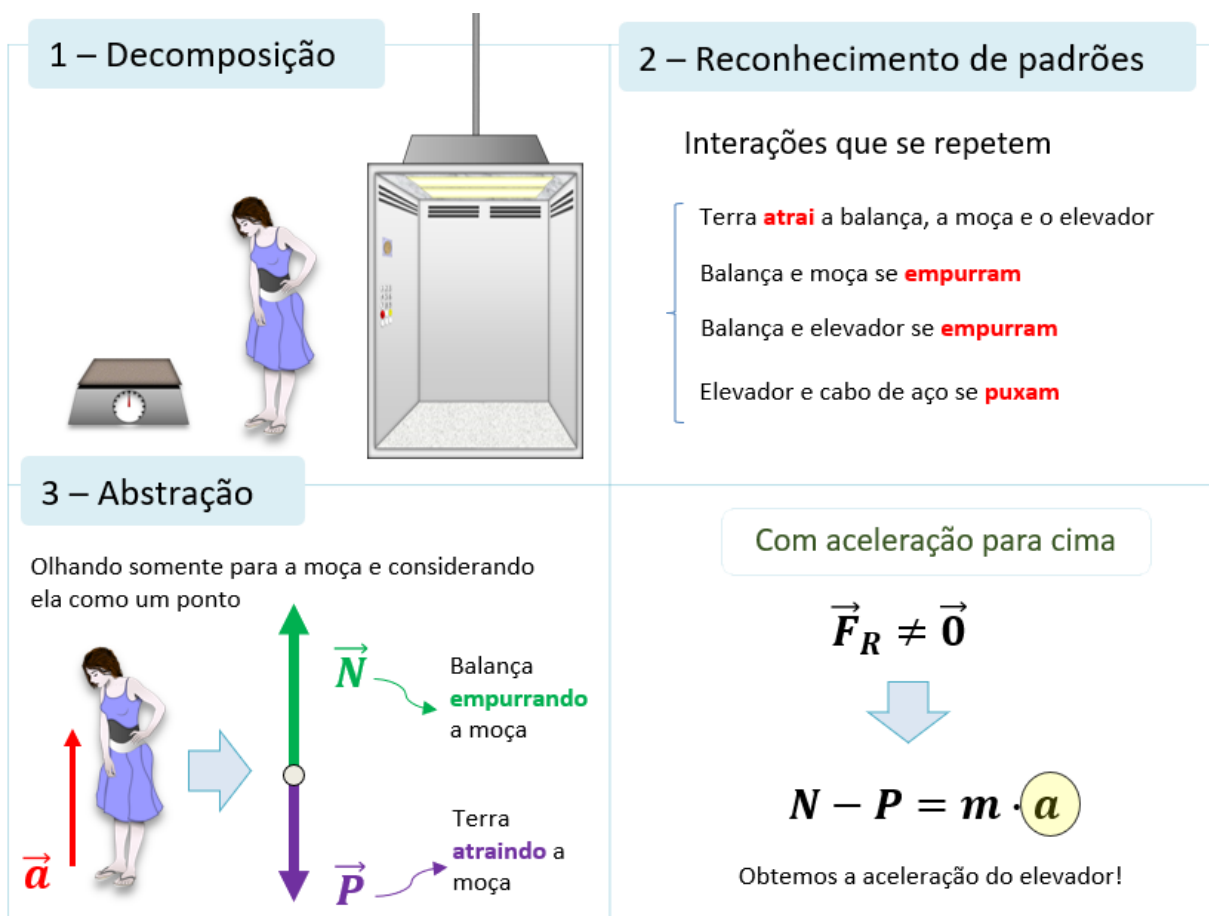


ou não ser igual ao peso da pessoa sobre ela. Para analisar essa situação, fixamos nosso olhar na pessoa, uma vez que força normal N aplicada na pessoa pela balança tem a mesma intensidade da força que a pessoa aplica na balança (ação/reação).



Pessoa posicionada sobre uma balança de piso, dentro de um elevador que apresenta aceleração para cima. É o caso, por exemplo, do início do movimento do elevador quando ele parte do andar térreo rumo a um andar superior.

Aplicando os pilares do pensamento computacional nesse exemplo, temos:





Ao executar esses passos para resolver o problema, os estudantes estão construindo o procedimento algorítmico que será sistematizado e aplicado de forma recorrente aos outros tipos de problemas com a expectativa de tenham êxito cada vez maior em resolvê-los.

O processo de construção do pensamento computacional é então sistematizado no diagrama lógico abaixo e os alunos são incentivados a revisar esse resumo todas as vezes que sentirem necessidade de retomar os passos sequenciais até que o procedimento seja naturalizado, significando que ele foi aprendido.

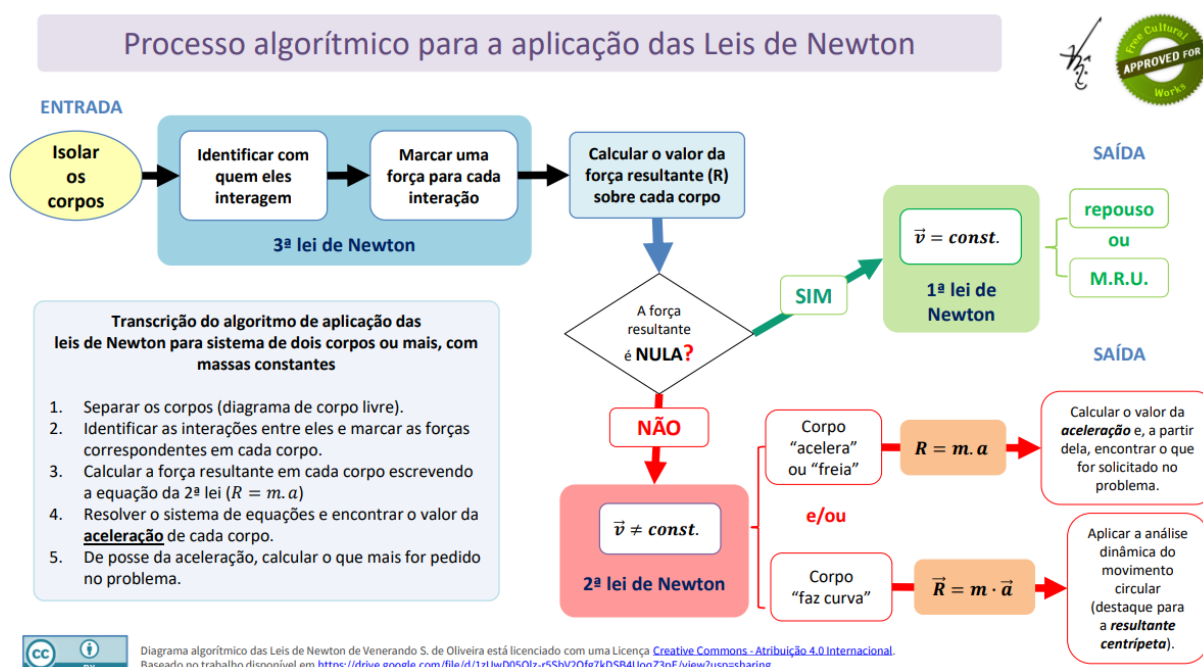


Diagrama algorítmico das leis de Newton. Autoria própria. Disponível em:

<https://drive.google.com/file/d/1zUwD05QIz-r5SbV2Ofg7kDSB4UoqZ3pE/view?usp=sharing>

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esse procedimento é aplicado paralelamente em diferentes turmas durante o mesmo ano letivo. Os estudantes são oriundos de diferentes escolas e cursos pré-vestibular anteriores onde já estudaram esse conteúdo, mas são expostos a esse método exclusivamente em minhas aulas. Eles são incentivados a utilizar esse método, mas podem resolver os exercícios livremente da forma que já conhecem e como lhes parecer mais conveniente.

Ainda durante esse ano letivo, cerca de cinco meses após eles terem sido expostos a esse método e terem acumulado experiência na resolução de problemas de Dinâmica, foi solicitado aos estudantes que respondessem a um questionário eletrônico (no Google Forms) de forma espontânea e anônima. Eles não foram avisados previamente do que se tratava o questionário e

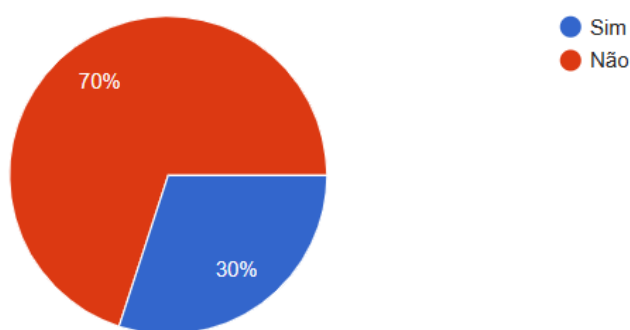


nem foram lembrados do diagrama algorítmico. Algumas das perguntas propostas eram de múltipla escolha, outras eram de associação e outras eram perguntas abertas. Os principais resultados são apresentados a seguir.

[1] Essa pergunta visava verificar se os estudantes já tinham um método sistematizado de resolução de problemas, antes de se tornarem alunos do nosso curso.

Antes de vir para o Poliedro, você tinha algum método organizado que utilizava para resolver exercícios de Dinâmica?

170 respostas



[2] Essa pergunta visava verificar se a adoção do método construído com eles em sala de aula apresentou aderência por parte do grupo de estudantes.

Atualmente, quando você resolve exercícios de Dinâmica e aplicação das Leis de Newton, você utiliza algum método passo a passo?

170 respostas

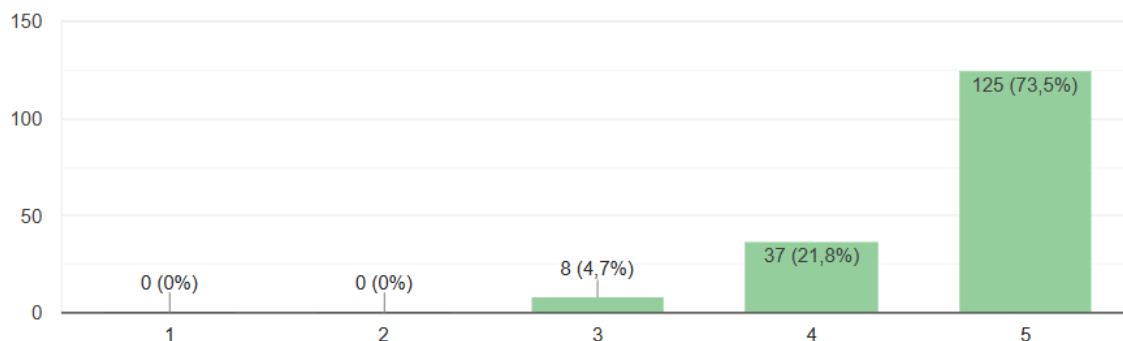




[3] Essa pergunta visava verificar a avaliação pessoal que os estudantes faziam do método apresentado: 1 – Não ajuda em nada / 5 – Ajuda muito

Em geral, você avalia que o método que foi apresentado a você nas aulas da Frente 4 para a resolução de problemas de Dinâmica

170 respostas



[4] Essa pergunta visava verificar, após as respostas anteriores, se os estudantes tinham assimilado corretamente o método a fim de minimamente verificar a qualidade das respostas anteriores. Para isso, foi apresentada uma pergunta em forma de grade de múltipla escolha com os passos e as opções de ordenamento. O quadro abaixo sistematiza cada passo e o número absoluto de respostas do grupo de estudantes.

SEQUÊNCIA CORRETA DE PASSOS	1°	2°	3°	4°	5°	6°
1° passo: isolar o corpo	144	22	1	3	-	-
2° passo: verificar com que o corpo interage	30	120	17	3	-	-
3° passo: marcar todas as forças que atuam no corpo	8	22	132	8	-	-
4° passo: eliminar as forças perpendiculares ao movimento	-	9	12	138	8	3
5° passo: calcular a força resultante	-	-	10	13	78	68
6° passo: encontrar a aceleração	1	2	5	13	68	81

Curiosamente o cálculo da resultante, que deve preceder o cálculo da aceleração, pareceu não ter a prioridade adequada nas repostas.



A experiência pedagógica mostra que o estabelecimento de um método organizado e sequencial para a resolução de problemas leva os estudantes a melhorar seu desempenho na resolução de problemas. Conseqüentemente isso gera um círculo virtuoso aumentando sua auto estima e confiança, levando-os a desafios mais complexos e potencializando ainda mais seu desempenho e assim sucessivamente, gerando um circuito de retroalimentação positiva.

Dessa forma, os resultados parecem indicar que o trabalho proposto constitui um caminho produtivo e recomendado tanto na apresentação da base conceitual (escopo das três leis de Newton), como na resolução bem sucedida de problemas, potencializando seus projetos de vida futuros próximos: bons resultados nos vestibulares e o ingresso na universidade almejada.

Além disso, a escolha pedagógica aqui apresentada cumpre seu papel no sentido de expor os estudantes à experiência da construção da competência do Pensamento Computacional e à compreensão do conceito de algoritmo e suas aplicações para além da Matemática e Ciência da Computação, ou mesmo ao uso de linguagens de programação e computadores. A intenção não é diminuir a importância desses últimos, mas ampliar o escopo de trabalho pedagógico envolvendo a aquisição dessa competência cognitiva (Pensamento Computacional).

O trabalho de pesquisa aqui apresentado ainda é bastante inicial, embora seus resultados sejam positivos. Em etapas posteriores, o estabelecimento de avaliações iniciais objetivas como parâmetro inicial de comparação e a criação de grupos de controle permitirão a aquisição de dados avaliativos mais substanciais, revelando, de forma mais consistente, a efetividade do método proposto. A testagem da aplicação do método com outros conteúdos dentro da Física ou de outras disciplinas enriquecerá ainda mais o trabalho.

Agradecimentos

Ao Professor Luiz Otávio Ciurcio Neto, diretor do Poliedro São Paulo por apoiar e permitir a realização da pesquisa aqui apresentada.

A todos os meus alunos e alunas das turmas Medicina do Poliedro Vila Mariana e Paraíso, pela paciência durante as aulas e por gentilmente cederem um pouco do seu tempo respondendo à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. LDB, 9394/1996



- BBC. London, UK. **Introduction to computational thinking**. Disponível em: <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zp92mp3/revision/1> Acesso 07set.2023.
- BRASIL. **Computação Complemento à BNCC**. Brasília: 2022.
- CAMARGO, A. C (Org.). **Pensamento Computacional (livro eletrônico)**. Secretaria de Educação do Espírito Santo. ES:AE11/SEDU: 2022.
- Columbia Journalism School, **Computational Thinking with Jeannete Wing**, [New York]: 1 vídeo, 1h47min59s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=U67utvZai8s> . Acesso 07set.2023.
- CONCEIÇÃO, D. P; DURÃES, G. M. **Potencialidades do pensamento computacional em sala de aula**: um relato de experiência do IF baiano, campus Catu. IX Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2020) Anais do XXVI Workshop de Informática na Escola (WIE 2020). DOI: 10.5753/cbie.wie.2020.229. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wie/article/download/12615/12482/> Acesso 07set.2023.
- CORREIA, R. C. M. Webconferência de Revisão – Pensamento Computacional – COM100. UNIVESP. São Paulo: 1 vídeo, 1h00min0045s. Disponível em: https://www.youtube.com/live/RVF52jm_pLY?si=5djZ4PSsa6AUvhCi Acesso em 12set.2023.
- CORMEN, T. H; LEISERSON, C. E; RIVEST, R.L; STEIN, C. **Algoritmos Teoria e Prática**. 3ª. Edição. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2012.
- LIAG, Laboratório de Informática, Aprendizagem e Gestão. Campinas: Unicamp. **Pensamento Computacional**. Disponível em: <https://liag.ft.unicamp.br/act/2021/05/12/pensamento-computacional/>
- NASCIMENTO, C.A.R.do. **Quatro textos de Galileu** : São Paulo, 3 : 143-7, 1980.
- NASCIMENTO, J. K. F. **Informática aplicada à Educação**. Brasília: Universidade de Brasília, 2007. 84p.
- PAPERT, S. **Mindstorms: children, computers and powerful ideas**. New York, USA: Basic Books, Inc Publishers, 1980.
- RAABE, A. L. A. (Coord.); **Referenciais de Formação em Computação: Educação Básica**. Versão julho/2017. SBC.
- RIBEIRO, K. S. F. M.; MEDEIROS, S. R. S. 2020. **Conheça o Guia do Pensamento Computacional para a Família – Entrevista com Soraya Roberta**. Revista SBC Horizontes. ISSN: 2175-9235. Disponível em:



<http://horizontes.sbc.org.br/index.php/2020/06/01/conheca-o-guia-do-pensamento-computacional-para-a-familia/>

- VALENTE, J. A. **Pensamento Computacional, Letramento Computacional ou Competência Digital? Novos desafios da educação.** Revista Educação e Cultura Contemporânea, vol.16, no. 43/2019. PPGE/UNESA, Rio de Janeiro.
- WING, J. **Computational Thinking.** Communications of the ACM. March, 2006. vol. 9, no. 3, pp. 43.