# Análise da carga cognitiva em atividades para introdução ao Arduino em aulas de Física

Paulo José Sena dos Santos, Departamento de Física – UFSC, paulo.sena@ufsc.br, https://orcid.org/0000-0002-8487-1369

Josemar de Siqueira Vargas, E.E.B. Professor Laércio Caldeira de Andrada e SEB COC, josemarsiqueira@gmail.com https://orcid.org/0000-0001-9194-6325

**Resumo.** As pesquisas em Ensino de Física apontam que os estudantes apresentam dificuldades no aprendizado de conceitos, além de pouco interesse e motivação. Uma alternativa para a redução destes problemas está no uso de novas abordagens, como as utilizam prototipagem e programação. Entretanto, elas podem trazer novos problemas. Com base no exposto, foi elaborada e aplicada uma sequência didática fundamentada na Teoria da Carga Cognitiva, em turmas de duas escolas com o objetivo de introduzir a plataforma Arduino para os estudantes. Para a avaliação das cargas cognitivas intrínseca, estranha e relevante das atividades foi utilizado um questionário de dez itens. A análise dos resultados permitiu concluir que: (i) a carga estranha, prejudicial à aprendizagem, foi baixa, enquanto a relevante, que favorece a aprendizagem, foi alta; (ii) este comportamento ocorreu durante todas as aulas da sequência.

**Palavras-chave:** Arduino, Teoria da Carga Cognitiva, robótica educacional

# Analysis of cognitive load in activities for introduction to Arduino in Physics classes

**Abstract.** Research in Physics Teaching indicates that students have difficulties, in addition to little interest and motivation. An alternative to reduce these problems is the use of new approaches, such as prototyping and programming. However, they can bring new problems. In this context, a didactic sequence based on the Cognitive Load Theory was developed and applied in classes at two schools, with the objective of introducing the Arduino platform to students. For the evaluation of the intrinsic, extraneous and germane cognitive loads of the activities, a questionnaire of ten items was used. The analysis of the results allowed us to conclude that: (i) the extraneous load, harmful to learning, was low, while the relevant load, which favors learning, was high; (ii) this behavior occurred during all classes of the sequence.

**Keywords:** Arduino, Cognitive Load Theory, educational robotics

## 1. Introdução

Há décadas vários pesquisadores apontam e discutem, além do pouco interesse e da baixa motivação, as dificuldades dos estudantes na disciplina de Física nos diferentes níveis. Os diferentes estudos apontam que estas dificuldades estão relacionadas, principalmente: a abordagens com ênfase na resolução de exercícios; a pouca contextualização; e a grande idealização, que muitas vezes impossibilita a associação entre os conceitos discutidos e as situações cotidianas.

Para a redução dos problemas apontados pelas pesquisas, diferentes autores defendem o uso de abordagens diferenciadas, como por exemplo, as centradas nos


DOI: https://doi.org/10.22456/1679-1916.129167

estudantes com uso de atividades experimentais e/ou de recursos tecnológicos. Neste contexto existe um aumento no número de propostas de atividades e sequências didáticas, que utilizam a robótica educacional e/ou plataformas de prototipagem, como o Arduino, para a discussão de conceitos de Física (MITNIK et al, 2009; SANTOS; SANTOS, 2018; SIQUEIRA; SANTOS, 2017; MANNRICH; NEVES JR.; 2021; SANTOS; SANTOS, 2021).

Alguns dos estudos citados relataram que a inserção de abordagens que utilizam plataformas de prototipagem e/ou a robótica educacional, apesar de seu potencial para a redução das dificuldades no entendimento de conceitos em Física, introduzem novos problemas relacionados à compreensão sobre o uso de linguagens de programação, que são necessárias para a realização das atividades propostas.

O uso da programação requer que os estudantes utilizem aprendizados superficiais (relacionados à memorização da sintaxe) e profundos (associados à compreensão de diferentes conceitos) simultaneamente, o que pode produzir dificuldades quando as aulas são realizadas de forma expositiva e/ou quando eles não são utilizados materiais adequados (GUZMAN et al, 2019). Portanto, o uso de abordagens que utilizam a programação para o ensino de conceitos de Física pode produzir um aumento da carga cognitiva do estudante, o que dificulta o seu aprendizado.

Com base no exposto, para a redução das dificuldades relacionadas à programação do Arduino em atividades para o ensino de Física, foi elaborado um material (textos, tarefas e videoaulas) para a introdução a esta plataforma com base nos preceitos da Teoria da Carga Cognitiva. Neste trabalho, serão apresentados e discutidos os resultados referentes à avaliação das diferentes cargas cognitivas (intrínseca, estranha e relevante) durante aulas introdutórias sobre a programação do Arduino, ministradas para turmas do primeiro ano do ensino médio.

## 2. Teoria da Carga Cognitiva

Segundo Nunes e Giraffa (2003), o processo cognitivo humano refere-se ao estudo do processamento de informações, isto é, o estudo de como os seres humanos percebem, processam, codificam, armazenam, recuperam e utilizam a informação.

Para o entendimento deste processo, considera-se que a estrutura cognitiva humana possui três sistemas de memória: a sensorial, a de trabalho ou de curta duração e a de longa duração. A memória sensorial é responsável por armazenar as sensações que sentimos a todo momento. Porém, devido a sobrecarga de informações sensoriais, o esquecimento é quase imediato, exceto em situações importantes, como as incômodas ou as prazerosas. A memória de longo prazo, que possui capacidade ilimitada, é um repositório mais permanente para conhecimentos, habilidades e inclui todas as coisas que não são utilizadas com frequência. A memória de trabalho é utilizada para organizar, contrastar, comparar ou trabalhar com a informação, e possui dois componentes específicos: um visual/espacial e um auditivo/verbal, que interagem com a memória de longo prazo (KIRSCHNER, 2002; ALVES et al, 2017).

Estudos realizados por George Miller, em 1956, mostraram que a memória de trabalho consegue processar, de maneira natural e satisfatória, de 5 a 9 elementos de informação por vez. Quando estes limites são excedidos, o raciocínio e a aprendizagem não ocorrem como esperado, devido a sobrecarga da estrutura cognitiva.

Deste modo, as limitações da memória de trabalho devem ser levadas em consideração, por autores e professores, ao elaborarem materiais e situações para favorecimento do ensino e da aprendizagem. Uma possibilidade é a utilização de teorias, como a Teoria da Carga Cognitiva (TCC) desenvolvida pelo psicólogo australiano John Sweller. Segundo a TCC, os materiais utilizados devem ser elaborados para que os


DOI: https://doi.org/10.22456/1679-1916.129167

múltiplos elementos de informação se relacionem, formem ou modifiquem esquemas, para contornar as limitações da memória de trabalho.

Um dos pontos centrais da teoria é o conceito de carga cognitiva (CC), que pode ser definida como "um constructo multidimensional representando a carga imposta ao sistema cognitivo das pessoas, fruto da realização de uma tarefa em particular" (ALVES et al, 2017, p. 03). De acordo com o modelo apresentado por Paas et al (2003), o constructo tem uma dimensão causal que reflete a interação entre as tarefas e as características do aprendiz, e uma dimensão avaliativa que reflete os aspectos mensuráveis: a carga mental, o esforço mental e a performance.

A carga mental é o aspecto da carga cognitiva que se origina da interação entre a tarefa e as características do indivíduo. Ela pode ser determinada com base em nosso conhecimento sobre as características da tarefa e do indivíduo. O esforço mental é o aspecto da carga cognitiva referente a capacidade cognitiva que está atualmente alocada para acomodar as demandas impostas pela tarefa, assim ele pode ser considerado o reflexo atual da carga cognitiva. Este aspecto pode ser determinado enquanto o indivíduo executa a tarefa. Já a performance pode ser definida em função das conquistas e realizações dos estudantes. Ela pode ser determinada, por exemplo, através do número correto de itens em uma atividade, o número de erros, o tempo para a realização da tarefa. Ela pode ser determinada enquanto o indivíduo trabalha na tarefa ou depois (PAAS et al, 2003).

Em relação as diferentes cargas cognitivas, a teoria distingue três tipos. A *carga cognitiva intrínseca* (CCI) é determinada pela interação entre a natureza do material a ser aprendido a expertise dos aprendizes. A *carga cognitiva estranha* (CCE) é a carga extra resultante do material mal elaborado, logo dificulta a aprendizagem. A carga cognitiva relevante (CCR) é relacionada aos processos que contribuem para a construção e automação dos esquemas. Portanto, esta carga deve ser mais alta. Como as diferentes cargas são aditivas é importante que a carga cognitiva total esteja dentro dos limites da memória de trabalho. Porém, deve-se considerar que as cargas estranha e relevante podem ser influenciadas pelo design dos materiais, enquanto a intrínseca não (ALVES et al, 2017; KIRSCHNER, 2002; PAAS et al, 2003).

Assim, para diminuir a sobrecarga cognitiva do aluno, a TCC defende que a elaboração de materiais didáticos deve seguir alguns princípios (SANTOS e TAROUCO, 2007)

- **Princípio da representação múltipla**: os estudantes aprendem melhor, quando se combinam palavras e imagens, do que no momento em que se usam somente palavras;

- **Princípio da proximidade espacial**: palavras e imagens devem estar próximas, em vez de afastadas;

- **Princípio de não divisão ou de proximidade temporal**: palavras e imagens devem ser apresentadas simultaneamente, ao invés de sucessivamente;

- **Princípio das diferenças individuais**: estudantes com maior nível de conhecimento sobre um determinado assunto, e com maior grau de orientação espacial possuem maiores condições de organizar e processar seu próprio conhecimento ao interagir com o material;

- **Princípio da coerência**: quanto mais simples e objetiva for a apresentação do conteúdo, mais livre ficará a memória de trabalho;


DOI: https://doi.org/10.22456/1679-1916.129167

- **Princípio da redundância**: o uso de animações e narrações simultaneamente potencializam o aprendizado.

A teoria também apresenta algumas considerações para a elaboração de tarefas. Segundo Guzman et al (2019), a carga estranha pode ser reduzida através do estudo de exemplos resolvidos e a possibilidade de completar a resolução de problemas parcialmente resolvidos. Já a carga intrínseca pode ser reduzida através do controle da interatividade dos elementos. Finalmente, a carga relevante pode ser aumentada com o uso de tarefas que interajam com o que os estudantes já conhecem, o que pode ser alcançado, por exemplo, com exercícios que exijam explicações (justificativas).

No desenvolvimento dos materiais (textos e vídeos) e tarefas, utilizados sequência didática, foram considerados os princípios elencados pela teoria e as considerações sobre as atividades apontadas por Guzman et al (2019).

## 3. A sequência didática

As aulas da sequência foram desenvolvidas de forma que, primeiro os estudantes sejam apresentados aos conceitos, comandos e programação pertinentes para o funcionamento de um componente, para depois realizar um problema mais complexo – denominado desafio – envolvendo o que foi discutido.

A primeira parte da sequência consiste no trabalho com LEDs (do inglês light-emitting diodes, ou diodos emissores de luz). Eles são componentes eletrônicos semelhantes a lâmpadas que podem funcionar com pequenas tensões. Inicialmente, os estudantes são apresentados a uma breve história da plataforma, aos diferentes tipos de Arduino e ao ambiente de programação (com os loops de configuração e de execução). A seguir são discutidos o circuito e o programa para acender um LED. Esta atividade é importante, pois permite discutir como trabalhar com as portas digitais. Ao final, os estudantes resolvem o seu primeiro desafio, como utilizar o LED para enviar mensagens em código Morse. Após esta aula, os estudantes tem contato com a programação com mais LEDs, e como desafio constroem e programam um semáforo inteligente.

A terceira aula tem o objetivo de permitir uma maior discussão sobre os diferentes tipos de variáveis e como declará-las. Neste momento, como desafios os estudantes reescrevem os programas para envio de mensagens em código Morse e para o funcionamento do semáforo inteligente, definindo as portas a partir da declaração de diferentes variáveis.

Finalmente, na quarta aula são discutidas as entradas digitais e analógicas, além da programação das portas PWM (do inglês pulse width modulation, ou modulação por largura de pulso). Estas portas funcionam como o equivalente digital de um circuito que permite a variação da tensão com um potenciômetro. O ciclo de trabalho destas portas pode assumir valores entre 0 e 255. Por exemplo, ao considerarmos um ciclo de PWM de 1000 Hz (1000 ciclos a cada segundo de duração), o sinal a cada ciclo com duração de 0,001 s pode ser alto ou baixo. Assim durante 1 s, em um ciclo de trabalho de 50% (valor igual a 126), o sinal ficará durante 0,5 s (metade) do tempo alto e baixo durante os outros 0,5 s. Já ao considerarmos um ciclo de trabalho de 70% (valor igual a 178), o sinal ficará alto durante 0,7 s e baixo durante 0,3 s. Deste modo, através destas portas podemos controlar o brilho de um LED ou a velocidade de motores. Em nossa sequência, a discussão sobre a utilização destas portas é feita a partir da programação para a produção de diferentes cores em um LED RGB (os três LEDs vermelho (red), verde (green) e azul (blue) estão em um mesmo componente) e da programação de motores de corrente contínua (motores dc).


DOI: https://doi.org/10.22456/1679-1916.129167

Na tabela 1, a seguir, são apresentadas a duração de cada uma das aulas.

Tabela 1 – Duração de cada aula. Cada encontro tem 40 min. Fonte: os autores.

| Tema da aula | Duração |
|---|---|
| **Acendendo um led** | 02 encontros |
| **Acendendo vários leds** | 02 encontros |
| **Declarando as variáveis** | 02 encontros |
| **Entradas e saídas analógicas e digitais, portas PWM** | 03 encontros |

Após esta sequência introdutória os estudantes devem realizar as atividades para a discussão de conceitos físicos. Lembrando que, caso julgue pertinente, o professor pode trabalhar de forma aprofundada, durante esta fase introdutória, conceitos relacionados ao funcionamento dos diferentes componentes, além da física associada ao funcionamento dos circuitos elétricos e semicondutores.

# 4. Metodologia

## 4.1 Medida da carga cognitiva

Segundo Paas et al (2003) a carga cognitiva pode ser medida através de escalas de classificação. Esta técnica está baseada na suposição de que as pessoas são capazes de refletir sobre seus processos cognitivos e relatarem os esforços despendidos. Estas técnicas, geralmente, envolvem um questionário com diversos itens, onde os participantes indicam o nível de concordância.

Baseados nesta técnica, Leppink et al (2013) desenvolveram um instrumento para medir as diferentes cargas cognitivas em domínios de conhecimento complexos, como a programação. Este instrumento foi traduzido e inicialmente validado por Santos, Vargas e Tiedt (2022). Os itens podem ser vistos no quadro 1.

Quadro 1 – Itens do questionário desenvolvido por Leppink et al (2013).

| | |
|---|---|
| Carga Cognitiva Intrínseca (CCI) | 1. O(s) conceito(s) abordado(s) foi (foram) muito complexo(s) |
| | 2. A atividade abrangeu programações que eu considerava muito complexas |
| | 3. A atividade abrangeu conceitos e definições que eu considerava muito complexos |
| Carga Cognitiva Estranha (CCE) | 4. As instruções e/ou explicações durante a atividade eram pouco claras. |
| | 5. As instruções e/ou explicações foram, em termos de aprendizado, muito ineficazes. |
| | 6. A linguagem utilizada nas instruções e/ou explicações estava pouco clara. |
| Carga Cognitiva Relevante (CCR) | 7. A atividade realmente melhorou minha compreensão do(s) tópico(s) e/ou conceito(s) abordado(s). |
| | 8. A atividade realmente melhorou meu conhecimento de programação. |
| | 9. A atividade realmente melhorou minha compreensão sobre programação. |
| | 10. A atividade realmente melhorou minha compreensão dos conceitos e definições envolvidos. |


DOI: https://doi.org/10.22456/1679-1916.129167

Ao final de cada uma das dez afirmações os participantes indicam o nível de concordância através de uma escala Likert que varia de 1 (discordo completamente) a 5 (concordo completamente). Os itens 1 a 3 medem a CCI, os itens 4 a 6 a CCE, enquanto os itens 7 a 10 medem a CCR.

Os dados coletados foram analisados através de métodos quantitativos. Inicialmente, foi realizado o teste de Shapiro-Wilk, com um nível de significância igual a 0,05, para verificar se as respostas da avaliação dos estudantes para os diferentes itens apresentavam uma distribuição normal. Os resultados indicaram que as distribuições das respostas não foram normais. Portanto, para a realização de inferências foi realizado o teste de Wilcoxon-Mann-Whitney (também conhecido como teste de Wilcoxon), que corresponde a uma alternativa não paramétrica para o teste t de Student (SIEGEL; CASTELLAN Jr., 2006).

Para identificar a existência de diferenças estatísticas entre o comportamento das cargas cognitivas (CCI, CCE e CCR) nas diferentes atividades foi realizada a análise de variância multivariada (MANOVA), que é o procedimento a ser utilizado para a identificação de diferenças estatísticas entre múltiplas variáveis independentes (as atividades, neste caso) (HAIR Jr. et al, 2009).

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CAAE 34315920.0.0000.0121). Os cálculos estatísticos foram realizados no software R versão 3.6.1.

### 4.2 Contexto e participantes

A sequência didática foi aplicada em duas turmas, uma em escola pública e outra em escola privada, localizadas na região da Grande Florianópolis (SC). Ambas as escolas possuem ensino fundamental e médio. A escola pública conta com uma estrutura de duas salas de informática, um laboratório de ciências, biblioteca e sala de vídeo. No ano de 2022, a instituição recebeu do Governo do Estado de uma sala maker, com impressoras 3D, uma máquina de corte a laser, além de kits Arduino. A escola privada possui laboratórios de informática, biblioteca, além de uma sala maker. Nas salas maker das duas escolas no período diurno, são desenvolvidas as atividades das disciplinas eletivas do novo ensino médio relacionadas à robótica educacional e a modelagem 3D.

Devido às diferenças nos desenvolvimentos dos programas provocadas pela implementação do novo ensino médio as atividades foram realizadas no período diurno na instituição particular e no período noturno na escola estadual. Participaram das atividades, ao todo, 45 estudantes (18 meninas e 27 meninos), 28 estudam na escola privada e 17 na escola pública, com uma média de idade de (15,64 ± 0,85) anos.

## 5. Resultados

O questionário para a avaliação das diferentes cargas cognitivas foi disponibilizado ao final de cada atividade através de formulário eletrônico. Devido a dinâmica da sala de aula, não obtivemos o mesmo número de respostas para as avaliações de cada atividade. Assim, a avaliação para a Atividade 1 (Como acender um led?) foi respondida por 45 estudantes, enquanto a para a Atividade 2 (Como acender dois leds?) foi respondida por 40 participantes. Já o questionário para a Atividade 3 (Variáveis) foi respondido por 38 estudantes. Finalmente, o instrumento avaliativo das diferentes cargas cognitivas referente a Atividade 4 (O LED RGB) foi respondido por 40 estudantes. A média e o desvio padrão ($\sigma$) para os itens do questionário podem ser vistos na tabela 2. Na tabela 3 podem ser vistos os valores das médias, e respectivos desvios-padrão, para as cargas cognitivas agrupadas em cada atividade.


DOI: https://doi.org/10.22456/1679-1916.129167

Tabela 2 – Média e desvio padrão ($\sigma$) para os itens do questionário em cada atividade. Fonte: os autores

| | Atividade 1 | | Atividade 2 | | Atividade 3 | | Atividade 4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Média** | **$\sigma$** | **Média** | **$\sigma$** | **Média** | **$\sigma$** | **Média** | **$\sigma$** |
| **CCI 1** | 2,22 | 1,47 | 2,23 | 1,25 | 2,16 | 1,26 | 1,92 | 1,27 |
| **CCI 2** | 2,49 | 1,29 | 2,45 | 1,28 | 2,53 | 1,57 | 2,17 | 1,32 |
| **CCI 3** | 2,33 | 1,30 | 2,42 | 1,30 | 2,42 | 1,45 | 2,20 | 1,28 |
| **CCE 1** | 1,71 | 1,34 | 1,78 | 1,23 | 1,47 | 0,98 | 1,35 | 0,83 |
| **CCE 2** | 1,84 | 1,47 | 1,75 | 1,33 | 1,89 | 1,56 | 1,70 | 1,38 |
| **CCE 3** | 1,67 | 1,30 | 1,53 | 0,99 | 1,42 | 1,00 | 1,53 | 1,04 |
| **CCR 1** | 4,24 | 1,03 | 4,08 | 1,05 | 4,13 | 1,32 | 4,18 | 1,24 |
| **CCR 2** | 4,18 | 1,11 | 4,05 | 1,15 | 4,26 | 1,16 | 4,18 | 1,08 |
| **CCR 3** | 4,04 | 1,15 | 4,05 | 1,06 | 4,32 | 1,14 | 4,05 | 1,13 |
| **CCR 4** | 4,20 | 0,92 | 4,00 | 1,13 | 4,24 | 1,22 | 4,20 | 1,09 |

Tabela 3 – Cargas cognitivas para cada atividade. Fonte: os autores.

| | **Intrínseca** | **Estranha** | **Relevante** |
|---|---|---|---|
| **Atividade 1** | 2,35 ± 1,24 | 1,74 ± 1,27 | 4,17 ± 0,90 |
| **Atividade 2** | 2,37 ± 1,17 | 1,68 ± 1,03 | 4,04 ± 1,04 |
| **Atividade 3** | 2,36 ± 1,28 | 1,60 ± 0,99 | 4,24 ± 1,12 |
| **Atividade 4** | 2,10 ± 1,19 | 1,52 ± 0,91 | 4,15 ± 1,06 |

A partir dos resultados da tabela 2 pode-se observar que, na avaliação dos estudantes para as atividades realizadas, a carga cognitiva estranha apresentou, em média, valores menores do que a intrínseca. A carga relevante apresentou, em média, valores maiores do que a intrínseca.

Para a identificação de diferenças estatísticas entre as cargas cognitivas em cada atividade foi realizado o teste de Wilcoxon. Os valores dos níveis de significância (valores p) para cada par de cargas cognitivas em cada atividade podem ser vistos na tabela 4.

Tabela 4 – Comparação entre as diferentes cargas cognitivas em cada atividade. Fonte: os autores.

| | | **Atividade 1** | **Atividade 2** | **Atividade 3** | **Atividade 4** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Intrínseca** | **Estranha** | $p = 0,00059$ | $p = 0,00064$ | $p < 0,0001$ | $p = 0,0014$ |
| **Intrínseca** | **Relevante** | $p < 0,0001$ | $p < 0,0001$ | $p < 0,0001$ | $p < 0,0001$ |
| **Estranha** | **Relevante** | $p < 0,0001$ | $p < 0,0001$ | $p < 0,0001$ | $p < 0,0001$ |

Pode-se observar da tabela que em todas as atividades os valores p foram menores do que 0,05, ou seja, existem diferenças estatísticas entre os comportamentos das cargas cognitivas (i) intrínseca e estranha, (ii) intrínseca e relevante e (iii) estranha e relevante em cada atividade. Estes resultados indicam que, na avaliação dos participantes, a carga cognitiva estranha nas atividades pode ser considerada pequena e menor do que a intrínseca, enquanto a carga relevante pode ser considerada alta e maior do que a intrínseca. Deste modo, pode-se concluir as diferentes cargas cognitivas apresentaram o comportamento esperado pela teoria.


DOI: https://doi.org/10.22456/1679-1916.129167

Para identificar se houve diferença estatística entre os perfis do comportamento das cargas cognitivas em cada atividade foi realizado a MANOVA, com o traço de Pillai. Este teste foi utilizado pois, segundo Hair Jr. et al (2009), possui maior robustez, e confiabilidade, frente a possíveis variações em seus pressupostos devido as características da amostra. A estatística do teste (valor F) foi 0,44044 e o nível de significância (valor p) foi 0,7244. Como $p > 0,05$ pode-se concluir que na aplicação descrita não houve diferença estatística entre os perfis das cargas cognitivas nas atividades. Ou seja, apesar das diferenças nas médias das cargas cognitivas, pode-se considerar que o nível de dificuldade das atividades foi o mesmo.

Como a MANOVA não demonstrou a existência de diferenças estatísticas entre as atividades, não foi necessária a realização dos testes de Kruskal-Wallis e post-hoc.

## 6. Considerações finais

Diferentes autores argumentam que a redução das dificuldades no entendimento de conceitos em Física, e consequente aumento do interesse e da motivação para o aprendizado desta disciplina passam por mudanças na metodologia de ensino durante as aulas. Entre as diferentes propostas, tem merecido atenção algumas abordagens que fazem uso de atividades experimentais e/ou recursos tecnológicos, baseadas na prototipagem e programação.

Entretanto, a inserção destas novas abordagens pode originar novos problemas. Guzman et al (2019) relataram que o uso da programação no ensino de outras disciplinas pode introduzir novas dificuldades quando não são utilizados materiais adequados. Assim, o uso de ferramentas que utilizam linguagens de programação em sala de aula exige materiais didáticos e atividades elaborados para considerar os novos desafios que aparecem para os estudantes.

Assim, para a redução das dificuldades originadas pelo uso da programação em atividades com o uso do Arduino no ensino de Física, foram elaborados materiais e atividades baseados na Teoria da Carga Cognitiva para uma introdução à plataforma. Eles foram utilizados em turmas do primeiro ano do ensino médio e, as cargas cognitivas (intrínseca, estranha e relevante) avaliadas pelos estudantes participantes.

A MANOVA mostrou que o comportamento das cargas cognitivas apresentou o mesmo perfil em todas as atividades realizadas: valores menores para a carga estranha (entre 1,52 e 1,74), intermediários para a carga intrínseca (entre 2,10 e 2,37) e maiores para a relevante (entre 4,04 e 4,24), o que é desejado/esperado durante a aplicação da teoria. A análise estatística também mostrou que as cargas (intrínseca, estranha e relevante) apresentaram diferenças estatísticas ($p < 0,05$) em todas as atividades. Portanto, os resultados permitem concluir que o material e atividades possibilitaram o entendimento da programação, o que pode auxiliar na redução de algumas dificuldades nas atividades relatadas por autores citados ao longo deste trabalho.

Para a continuidade da pesquisa, pretende-se: (i) ampliar as atividades para a discussão de outros sensores, como o ultrassônico e o infravermelho, que podem ser utilizados em diferentes atividades experimentais; (ii) realizar estudos que envolvam o uso dos materiais em atividades para a discussão de conceitos em Física, para avaliação da redução das cargas cognitivas originadas pelo uso da programação durante o ensino de conceitos físicos; (iii) testar o material desenvolvido em ambientes virtuais de aprendizagem para possibilitar a redução do tempo destinado para a discussão em sala; (iv) estudar possíveis dificuldades dos estudantes nas diferentes redes (pública e privada); e (v) investigar o aumento do interesse e da motivação dos estudantes para o aprendizado na disciplina de física.


DOI: https://doi.org/10.22456/1679-1916.129167

## Limitações da pesquisa

O autorrelato é uma forma bastante utilizada para a coleta de dados em pesquisas, em diversas áreas do conhecimento. No caso da utilização de questionários fechados, o participante avalia o grau de concordância que julga verdadeiro. Deste modo, durante a coleta de dados é suposta uma introspecção, por parte do respondente, suficiente para fazer os julgamentos pertinentes.

Apesar de diversos trabalhos demonstrando a importância e eficiência das medidas subjetivas da carga cognitiva, deve-se ressaltar que a escala foi aplicada após a realização das atividades. Desta forma não foi capaz de captar as variações do esforço mental que podem ocorrer durante o processo. Os participantes também podem estar cansados, após as tarefas, e este cansaço pode interferir em suas avaliações.

Por este motivo, é desejável a continuação do estudo com um número maior de participantes, além da combinação com outras abordagens para a obtenção dos dados. Para a medição das cargas cognitivas, as mais comuns são: (i) as medidas do esforço mental baseadas na performance; e (ii) as medidas fisiológicas (como o nível de oxigênio medido com o oxímetro, o movimento dos olhos, a dilatação das pupilas, entre outros) que são influenciadas pelo estado de concentração e esforço despendido durante a atividade. Porém, o pesquisador deve ter consciência da dificuldade da utilização em sala de aula, pois exigem equipamentos e softwares de maior custo.

**Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

## Referências

ALVES, M. V. C; MODESTO, J. G; LIMA-ROSSETTI, D.; LANINI, J.; BUENO, O. F. A. As dimensões da carga cognitiva e o esforço mental. Revista Brasileira de Psicologia, 4(1), p. 2 – 16, 2017.

GUZMAN, L. M.; PENNELL, M. W.; NIKELSKI, E.; SRIVASTAVA, D. S. Successful integration of data science in undergraduate biostatistics courses using cognitive load theory. CBE Life Sci. Educ., December 1, 18: ar 49, p. 1 – 10, 2019.

HAIR JR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. Análise Multivariada de Dados. 6ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2009.

KIRSCHNER, P. A. Cognitive load theory: implications of cognitive load theory on the design of learning. Learning and Instruction, v. 12, p. 1 – 10, 2002.

LEPPINK, J.; PAAS, F.; VAN der VLEUTEN, C. P. M; VAN GOG, T.; VAN MERRIËNBOER, J. J. G. Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. Behavior Research Methods, April, 2013.

MANNRICH, J. P.; NEVES JR., O. R. Proposta de estação meteorológica baseada em internet das coisas de código aberto e baixo custo como ferramenta para articulação entre tecnologias digitais de informação e comunicação no ensino de Ciências/Física na educação básica. Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 19, n. 2, p. 323 – 334, 2021.


DOI: https://doi.org/10.22456/1679-1916.129167

MITNIK, R.; RECABERREN, M.; NUSSBAUM, M.; SOTO, A. Collaborative robotic instruction: a graph teaching experience. Computers & Education, 53, n. 2, p. 330 – 342, 2009.

PAAS, F.; TUOVINEN, J. E.; TABBERS, H.; VAN GERVEN, P. W. M. Cognitive load measurement as a means to advance CLT. Educational Psychology, 38(1), p. 63 – 71, 2003.

NUNES, M.; GIRAFFA, L. A educação na ecologia digital. PPGCC/FACIN, PUCRS, 2003.

SANTOS, P. J. S.; SANTOS, T. F. M. Analysis of a didactic sequence using educational robotics to teach graphs in kinematics. Physics Education, 56, 015015, 2021.

SANTOS, P. J. S.; VARGAS, J. S.; TIEDT, R. S. Determinação da carga cognitiva de atividades para uma introdução ao Arduino em aulas de Física. Anais do XIX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2022. Disponível em: https://sec.sbfisica.org.br/eventos/epef/xix/sys/resumos/T0250-1.pdf

SANTOS, T. F. M; SANTOS, P. J. S. Relato e análise de uma sequência didática sobre forças de atrito com uso de kits de robótica educacional no primeiro ano do ensino médio. Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 16, n. 2, p. 71 – 80, 2018.

SANTOS, L. M. A.; TAROUCO, L. M. R. A importância do estudo da Teoria da Carga Cognitiva em uma educação tecnológica. Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 5, n. 1, p. 1 – 10, 2007.

SIEGEL, S.; CASTELLAN JR., N. J. Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento. 2ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 2006.

SIQUEIRA, J; SANTOS, P. J. S. Relato sobre o uso da robótica educacional na discussão de gráficos em cinemática em uma turma de primeiro ano de uma escola pública estadual. Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE), v. 19, no 3, 2017.


DOI: https://doi.org/10.22456/1679-1916.129167