





Análise translacional de crenças de autoeficácia na aprendizagem de Física - Parte 2

Translational analysis of self-efficacy beliefs in physics learning - Part 2

Marcello Ferreira ^{1,2*}, Israel Marinho Araújo ³, Olavo Leopoldino da Silva Filho ^{1,2} e André Luís Miranda de Barcellos Coelho ¹

¹ Instituto de Física, Universidade de Brasília (UnB).

² Centro Internacional de Física, Universidade de Brasília (UnB).

³ Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (SEEDF).

*E-mail: marcellof@unb.br

Recibido el 13 de octubre de 2024 | Aceptado el 10 de noviembre de 2024

Resumo

Este trabalho relata, em duas partes, pesquisa translacional em processos de ensino-aprendizagem de Física no Ensino Médio mediados por tecnologias digitais e fundamentados na Teoria Social Cognitiva (TSC). Abordaram-se crenças de autoeficácia, construto psicológico central na compreensão da agência humana e importante preditor da motivação e do desempenho acadêmico. Na primeira parte, como ensaio, foi discutido o conceito de autoeficácia e a TSC. Nesta segunda, desenvolveu-se, aplicou-se e avaliou-se sequência didática dedicada a superar problemas do formato convencional, medindo e modulando crenças de autoeficácia. Adicionalmente, foram analisados possíveis intervenientes da formação e da modificação dessas crenças na motivação e na aprendizagem. Utilizou-se experimento para examinar níveis das crenças de autoeficácia em Física e da compreensão de tema de mecânica clássica entre 288 estudantes. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos controle e experimental, conquanto obtidas correlações de distinção significativas com variáveis socioeconômicas. As desproporcionalidades suscitam múltiplas questões atinentes ao ensino-aprendizagem em Física.

Palavras-chave: Autoeficácia; Ensino de física; Ensino remoto emergencial; Tecnologias digitais; Teoria social cognitiva.

Abstract

This paper reports, in two parts, translational research on teaching-learning processes of Physics in High School mediated by digital technologies and based on Social Cognitive Theory (SCT). Self-efficacy beliefs were addressed, a central psychological construct in the understanding of human agency and an important predictor of motivation and academic performance. In the first part, as an essay, the concept of self-efficacy and SCT were discussed. In the second part, a didactic sequence dedicated to overcoming problems of the conventional format was developed, applied and evaluated, measuring and modulating self-efficacy beliefs. Additionally, possible intervening factors in the formation and modification of these beliefs in motivation and learning were analyzed. An experiment was used to examine levels of self-efficacy beliefs in Physics and understanding of classical mechanics among 288 students. No statistically significant differences were observed between the control and experimental groups, although significant distinction correlations were obtained with socioeconomic variables. Disproportionalities raise multiple questions regarding teaching and learning in Physics.

Keywords: Self-efficacy; Physics education; Emergency remote teaching; Digital technologies; Social cognitive theory.

I. INTRODUÇÃO

Na primeira parte deste trabalho, construímos um sólido referencial teórico, essencialmente, acerca do conceito de autoeficácia e a Teoria Social Cognitiva, que nos permitisse analisar o impacto da aplicação de uma sequência didática. Nesta segunda parte, iremos nos dedicar a relatar a metodologia de pesquisa, descrever a sequência didática aplicada, bem como discutir nossos principais achados.

A presente pesquisa fundamentou-se em trabalhos que englobam três temas norteadores: (i) o ensino de Física (EF), com foco na mecânica newtoniana; (ii) as crenças de autoeficácia, com referência na TSC; e (iii) o uso de TDIC no ensino. Com o objetivo de conceber uma noção adequada do estado da arte das obras desses temas, publicadas ao longo de cinco anos (2017 – 2021), utilizou-se a Teoria do Enfoque Meta-Analítico Consolidado (TEMAC), de Mariano e Rocha (2017), para uma análise sistemática de trabalhos do campo. A seguir, discute-se a literatura encontrada e analisada.

Em síntese, ao longo do texto, discutem-se as seguintes questões: Qual é a forma mais acessível e eficaz para o ensino de Física no complexo e desmotivador contexto de Ensino Remoto Emergencial (ERE)? Em que medida é possível aprender e ensinar Mecânica Clássica por meio de aparelhos de configurações básicas (como um celular)? Como estruturar e avaliar uma sequência didática de Física (mediada por TDIC) capaz de, no contexto da educação pública brasileira, evitar parte dos problemas do criticado ensino tradicional, promover positivamente as crenças de autoeficácia dos estudantes e, assim, por decorrência, favorecer suas aprendizagens? Quais fatores (sociais e cognitivos), além da proposta pedagógica, exercem influência nesses processos? Portanto, o objetivo geral desta pesquisa é identificar possíveis correlações entre as crenças de autoeficácia, as variáveis socioeconômicas, os diferentes formatos pedagógicos e suas influências na aprendizagem de Física.

II. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Em nossa pesquisa, procedeu-se de modo a buscar referenciais teóricos para, então, propor uma intervenção e analisar suas implicações no contexto do ERE. Com esse horizonte, uma revisão bibliográfica sistemática foi realizada, por meio das três etapas do enfoque meta-analítico de Mariano y Rocha (2017), para identificar obras relevantes que tratam dos temas norteadores desta investigação: (a) o ensino de Física, com foco na mecânica newtoniana, e suas intersecções com (b), o uso das TDIC, e (c) as crenças de autoeficácia. Esse enfoque permitiu estabelecer um panorama nesse campo e identificar obras e autores relevantes.

O modelo de revisão da literatura apresentado por Mariano y Rocha (2017), denominado de Teoria do Enfoque Meta-Analítico Consolidado (TEMAC), é um método integrador que apresenta um meio simples e robusto amparado por princípios e leis bibliométricas; constituído por três etapas: (1) a preparação da pesquisa; (2) a apresentação e a inter-relação dos dados; e (3) o detalhamento, o modelo integrador e a validação por evidências.

Na primeira etapa, define-se quais são os termos de pesquisa que identificam o campo a ser revisado. Para a pesquisa do tema (a), utilizou-se as *strings*: “ensino de física” e “ensino de física” AND (“mecânica newtoniana” OR “física newtoniana” OR “força newtoniana” OR “mecânica clássica”). As *strings* utilizadas para o tema (b) foram: “ensino de física” AND (tic OR tics OR tdic OR tdics). Ainda, para o tema (c): “ensino de física” AND (autoeficácia OR auto-eficácia OR “self-efficacy” OR bandura). As buscas foram realizadas nas bases bibliográficas: Web of Science (WOS), que continham textos da SciELO Citations Index; e, com o objetivo de ampliar a análise, também foram feitas buscas pela SciELO e pelo *Google Scholar* via o *software* Publish or Perish 7.

Na segunda etapa, analisaram-se os países, as revistas, as universidades, as conferências, as áreas e os autores com mais publicações; as revistas mais relevantes; a evolução do tema ao longo dos anos, os autores e as obras mais citados, agências que mais financiam a pesquisa e a frequência de palavras-chave.

Por fim, na terceira etapa, os dados foram detalhados e comentados no intuito de estabelecer relações e filtros nos achados, agregando valor ao processo de revisão. Para isso, foram utilizadas análises (cocitação, acoplamento bibliográfico, co-ocorrência e coautoria), no qual foram produzidos mapas de densidade que permitiram identificar as principais linhas de pesquisa e relações entre os autores e entre as referências bibliográficas, em colaborações ou citações, via o *software* VOSviewer (Eck y Waltman, 2020).

Com base na literatura acadêmica encontrada e analisada (acerca do ensino de Física e de suas intersecções com as TDIC e o construto das crenças de autoeficácia) e nos balizamentos oficiais em relação à Educação Básica durante o ERE, foi investigada, de modo exploratório e experimental, a ocorrência de alteração nas concepções (newtonianas) de força e de movimento por parte de estudantes do 1º ano do Ensino Médio, bem como, de suas crenças de autoeficácia para o desempenho da disciplina.

O experimento deu-se mediante a comparação de dois grupos (Controle e Experimental), submetidos a duas estratégias distintas, isto é, em que uma delas as ações instrucionais foram as mesmas, exceto pelo acréscimo de

elementos criados com o intuito de promover a autoeficácia. Ademais, foram examinadas correlações entre o desempenho e as crenças com as variáveis socioeconômicas dos estudantes, o que pode lançar luz sobre múltiplas problemáticas que circundam o campo do ensino de Física.

III. SÍNTESE DAS PESQUISA DOCUMENTAL E BIBLIOGRÁFICA

Nesta pesquisa, estão implicados três temas norteadores que emergiram da conjuntura de crise social e escolar descrita até aqui e, em alguma medida, tangível pelo conjunto de diretrizes que organizaram as ações emergenciais na Educação Básica durante o ERE.

Para clarificar qual foi o enquadramento legal das atividades pedagógicas à distância, ocorridas durante a emergência sanitária nos âmbitos nacional e distrital, Araújo (2022) apresenta as principais diretrizes do Poder Público que fundamentaram as ações nessas esferas e mostra um recorte de como o governo e o estado geriram a crise. O uso das TDIC é apresentado como o principal meio para contornar o desafio de concretizar o direito à educação neste período. De acordo com isso, intensificou-se a necessidade de refletir acerca dos processos motivacionais no aprendizado de Física, com foco nas crenças de autoeficácia (Bandura, 1977). Essa escolha deve-se em razão das implicações desse construto na explicação: do aprendizado e do desenvolvimento humano, de suas decisões, da quantidade de esforço que se empregará em certa atividade, bem como de sua resiliência diante de obstáculos ao seu aprendizado.

David Ausubel (2012), o maior teórico da aprendizagem significativa, defende que a ocorrência de uma aprendizagem com significado, compreensão, capacidade de aplicação/explicação e transferência para novas situações depende essencialmente de dois fatores: a predisposição para aprender e os conhecimentos prévios do aprendiz. A predisposição está relacionada, ao interesse, à intencionalidade, à disposição para relacionar significativamente os novos conhecimentos aos anteriores; e, portanto, à motivação do estudante.

Isso posto, depreende-se que, de um ponto de vista cognitivo, a aquisição e a retenção de conhecimentos sujeitam-se a características prévias dos aprendizes, incluindo disposições relativas ao aprendizado. Em uma linguagem coloquial, depende de quem é o estudante, do que ele sabe e do quão predisposto está ao processo de aprendizagem. Do ponto de vista social-cognitivo (Bandura, 1986), a aprendizagem social (escolar) está fortemente relacionada às crenças de autoeficácia em domínios específicos.

No panorama do ERE e suas restrições, refletiu-se em como apresentar a Mecânica Newtoniana por meio de TDIC de modo a desenvolver positivamente as crenças de autoeficácia dos estudantes em relação ao seu desempenho na disciplina de Física. Bandura (2023) explica que a relação entre as crenças de autoeficácia e o desempenho não é direta ou automática, uma vez que estas crenças funcionam como um determinante central em quatro classes de eventos psicológicos: Processos de Seleção, Processos Cognitivos, Processos Afetivos e Processos Motivacionais; que, por sua vez, confluem para certa performance. As crenças acerca das próprias capacidades determinam o nível de motivação das pessoas, como um reflexo da quantidade de esforços a serem empreendidos e o quanto persistirão diante de adversidades impactando no desempenho. Entretanto, articular teoria e prática é um desafio nas pesquisas translacionais. Como discutem Ferreira e Silva Filho (2019), a construção de um processo pedagógico em que haja um nível de significação essencial, em virtude da natureza abstrata das teorias, não é trivial. Desse modo, é necessário que se construa uma abordagem estruturada, em que se possam explorar as propostas pedagógicas e avaliar suas repercussões potenciais com base no quadro teórico adotado que, neste caso, é a TSC.

A teoria da personalidade de Bandura (1986, 2023) fornece um quadro amplo e sistematizado da aprendizagem humana. Nessa perspectiva cognitiva, o comportamento é adquirido, sobretudo, socialmente e os princípios da aprendizagem são suficientes para explicar sua aquisição e manutenção (Hall, Lindzey y Campbell, 2000). No contexto do ensino de Física, o desafio é acionar uma teoria psicológica, como a TSC, para a construção de uma sequência didática, em que se possa considerar conjuntamente quem são os estudantes e o que se pretende do ato de ensinar. Em outros termos, os determinantes prévios dos estudantes (como conhecimentos, crenças, dentre outros) e os saberes a serem compartilhados (Ferreira y Silva Filho, 2019). Por esse ângulo, a sequência didática deve conter a anunciação de problemas e objetivos, e ser permeada por formas de monitoramento e avaliação. Nas palavras de Ferreira y Silva Filho (2019, p. 43), “Avaliar diz respeito a que tipo de práticas pretendemos endossar, em que tipo de sociedade e a partir de que meios”. Desse modo, avaliar também não é apenas saber se houve aprendizado; mas, se a forma como nos dispusemos a ensinar adequa-se às particularidades contextuais.

No presente texto, relata-se uma proposta de sequência didática que explora algumas das potencialidades das TDIC como um meio para contornar obstáculos ao ensino e à aprendizagem de Física, sob a ótica social-cognitiva (Bandura, 1986; 2023). Por conseguinte, busca-se refletir sobre – e intervir em – alguns dos principais determinantes da motivação estudantil e do aprendizado dos estudantes em nível básico em relação à disciplina de Física. Além disso, medita-se acerca de qual seria o impacto (acerca das crenças e do aprendizado) de uma sequência didática específica e como mensurá-lo.

Em relação à abordagem de ensino, adotou-se a perspectiva de Hake (1998), relacionada, como já se descreveu, ao parâmetro estatístico denominado de ganho $\langle g \rangle$. Esse tem sido um dos principais parâmetros utilizados para estimar, com base em pré e pós-testes, a variação média de acertos em um exame, podendo indicar o quão efetivo foi um curso em promover a compreensão conceitual de algum tópico em particular. No ganho, compara-se o quanto os indivíduos ampliaram seus acertos em relação ao máximo que poderiam ter ampliado. Parte-se do princípio de que a quantidade de acertos pode indicar, em algum limite, a ocorrência de uma aprendizagem. Para isso, coube utilizar o instrumento Half Force Concept Inventory (HFCI) de Han *et al.* (2015) para a mensuração do nível de compreensão conceitual das Leis do Movimento de Newton.

Durante todo o período de ERE, reverberou nas redes públicas de ensino a ênfase na busca por atenuar os efeitos pandêmicos na Educação Básica e, em particular, no Ensino Médio, por meio dos ambientes virtuais de ensino, mobilizando esforços para os aspectos essenciais dos conhecimentos (curriculares). Isso pode ser traduzido nas seguintes perguntas: Quais são as aprendizagens essenciais de Física para estudantes do 1º ano do Ensino Médio? O que esses estudantes trazem de bagagem acerca desses assuntos, incluindo suas percepções de autoeficácia?

No Brasil, a Base Nacional Comum Curricular – BNCC (Brasil, 2018) é o documento normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais (por meio de competências e habilidades) que todos os estudantes da Educação Básica devem desenvolver como forma de garantir o direito ao aprendizado e ao desenvolvimento, de acordo com uma visão de indivíduo e sociedade. De modo consonante com esse currículo de referência, a literatura em ensino de Física evidencia que a teoria do movimento de Isaac Newton (1687), com ênfase em suas três leis e suas repercussões (epistemológicas, tecnológicas etc.), é uma das construções tradicionalmente abordadas em disciplinas introdutórias de Física em todo o mundo.

As sequências didáticas aplicadas aos grupos experimentais (GE) e de controle (GC), constituídos aleatoriamente e por homogeneidade numérica, de gênero, de faixa etária e de turmas, foram propostas seguindo essa tradição, apoiando-se nos balizamentos legais da educação brasileira, considerando as especificidades do caso em estudo, bem como as farras críticas quanto às abordagens tradicionais de Física. Essas sequências didáticas de introdução à Física voltaram-se à Alfabetização Científica (Chassot, 2003), na qual as TDIC foram utilizadas para, mediante a história e a filosofia da ciência, apresentar a Mecânica Newtoniana, com foco em suas Leis do Movimento, no contexto do processo denominado de Revolução Científica (Polito, 2016). De maneira mais descritiva, essa sequência aborda aspectos como: a natureza do conhecimento científico, o processo histórico e epistemológico que antecede a Mecânica Newtoniana e sua central contribuição para a fundação da ciência e do sistema de mundo moderno (Campos y Ricardo, 2014; Polito, 2016). As sequências foram elaboradas considerando que a maioria dos estudantes iria acessá-las por meio de um *smartphone*.

IV. PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Durante parte dos anos de 2020 e 2021, estudantes da rede pública do Distrito Federal sem acesso à internet recebiam, quinzenalmente, de suas escolas, materiais pedagógicos impressos elaborados por seus professores. Nas circunstâncias, estabeleceu-se uma forma de ensino por correspondência. Enquanto isso, aqueles com acesso à internet em casa ou que possuíam *smartphone* ou *tablet*, podiam optar por acessar os materiais pedagógicos pela plataforma e participar de aulas síncronas semanalmente. Assim, a sequência didática proposta precisava ser acessível, isto é, atingir todos ou o maior grupo de estudantes possível, principalmente aqueles que não dispunham dos aparatos tecnológicos e das condições mais adequadas para o processo pedagógico. Entendeu-se que a modalidade de texto (escrito) era o meio mais acessível, pois podia ser utilizado tanto em materiais físicos (impressos) quanto virtuais (digitais). Desta maneira, o principal material de apoio da sequência didática foi um texto de apoio dividido em capítulos resumindo os conteúdos semanais.

A pesquisa desenvolvida foi translacional, que, nos termos de Colombo, Anjos y Antunes (2019), Ferreira *et al.* (2020), Ferreira *et al.* (2021), articula áreas do conhecimento na pesquisa básica ou aplicada, levando resultados ao contexto de práticas, em caráter horizontal e imersivo, e deste obtendo insumos para a retroalimentação epistêmica, teórica e metodológica. É uma praxiologia fundada no trinômio circular pesquisa-prática-pesquisa que, nesta pesquisa, expressa-se pela aplicação de uma sequência didática em dois semestres, um deles completamente à distância e, em seguida, de modo híbrido, em que parte das atividades eram presenciais. O Quadro 1, a seguir, exhibe a estrutura da sequência didática apresentada às quatorze (14) turmas do 1º ano do Ensino Médio, constituída por aulas (virtuais ou presenciais) e por materiais pedagógicos (textos, vídeos e atividades). A aplicação da sequência ocorreu em 12 aulas, isto é, em 6 encontros semanais com aulas duplas.

Quadro 1. Sequência didática proposta e avaliada com os links do Grupo Experimental. Fonte: Elaboração própria (2023).

Aulas	Material pedagógico	Objetivos
1 e 2	Capítulo 1: Introdução à filosofia natural Atividade de fixação 1	Descrever a existência de diferentes tipos de conhecimento. Distinguir mitologia, filosofia e ciência. Identificar o surgimento da filosofia natural. Reconhecer algumas das primeiras perguntas e ideias acerca da Natureza elaboradas pela filosofia grega antiga.
3 e 4	Capítulo 2: Filosofia Natural e Aristóteles Atividade de fixação 2	Expor características do desenvolvimento do conhecimento acadêmico. Demonstrar principais pontos da teoria cosmológica de Aristóteles (Constituição da Matéria, Movimento dos Corpos e Estrutura do Universo). Relacionar a relevância histórica e conceitual da filosofia aristotélica com a história ocidental. Associar a proposta aristotélica ao estabelecimento da visão de mundo cristã-aristotélica.
5 e 6	Capítulo 3: Introdução à Cinemática Atividade de fixação 3	Explicitar a transição da filosofia antiga e medieval para a gênese das Ciências da Natureza (em particular, da Física). Diferenciar os modelos de universo geocêntrico e heliocêntrico. Investigar os conceitos de Sistema de Referência, Posição, Deslocamento, Instante e Intervalo de tempo, Velocidade Média. Explanar a importância das contribuições de Copérnico, Descartes, Kepler, Galileu, Newton na superação da visão antiga.
7 e 8	Capítulo 4: Movimento Uniforme e Movimento Uniformemente Variado Atividade de fixação 4	Utilizar o conceito de Inércia e o conceito de Aceleração Gravitacional. Demonstrar o conceito de Aceleração Média; Desenvolver a descrição matemática de dois tipos de movimento: Uniforme (MU) e Uniformemente Variado (MUV).
Medição inicial das crenças e pré-teste		
9 e 10	Capítulo 5: Mecânica Newtoniana Vídeo Explicativo 1. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=MOGpeH8YSy Atividade de fixação 5. Disponível em: https://forms.gle/hb223GbUsWbFfx1WVA Acessados em maio de 2024.	Delimitar um conceito de Revolução Científica. Explicar uma definição de Massa, as Leis de Newton e sua Teoria da Gravitação Universal; Justificar as definições Vetoriais de Posição, Deslocamento, Velocidade e Aceleração.
11 e 12	Vídeo Explicativo 2. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ClT30gNJGeA Atividade de fixação 6. Disponível em: https://forms.gle/Uz9yVqgxDNNGktJk8 Acessados em maio de 2024.	Apresentar as Leis de Newton. Delimitar o conceito de Força. Correlacionar os parâmetros cinemáticos de Posição, Velocidade e Aceleração às Leis do Movimento Newtonianas. Justificar a relevância (social e epistemológica) e os limites da teoria de Newton sobre o Movimento e a Gravitação Universal.
Medição final das crenças e pós-teste		

Cada aula e seus respectivos materiais pedagógicos tinham objetivos particulares, ensejando a ocorrência do letramento científico, da compreensão das ciências como uma linguagem, uma forma de ler o mundo (CHASSOT, 2003), por meio da compreensão de relevantes construções da Mecânica Clássica, com ênfase nas Leis do Movimento de Newton. Nesse sentido, cabe destacar que as sequências não tinham o objetivo estrito de discutir o conteúdo das Leis de Newton, mas de usá-las como exemplo para acessar uma compreensão epistemológica das ciências em geral.

A sequência didática no GC não tinha a intenção de propor algo “novo”. Os materiais (vídeos e atividades) disponibilizados ao Grupo de Controle (GC) eram “mais convencionais”, isto é, a atividade era uma típica lista de questões somativas e o vídeo era semelhante a uma aula na lousa. Essa metodologia foi utilizada por parte dos professores nesse contexto, o que pode ser compreendido como uma forma de transposição da abordagem tradicional (presencial) para o meio virtual. Os materiais disponibilizados para o Grupo Experimental (GE) continham elementos propostos com base na TSC. No GE, na sequência didática aplicada foram modificados alguns dos elementos audiovisuais, como a inclusão de animações (modelos pictóricos) e música em trechos dos vídeos explicativos e, ainda, os vídeos de feedbacks nas atividades disponibilizadas. Uma sequência com esses elementos poderia promover maiores crenças e aprendizado do que uma sequência sem esses recursos? As medições do nível de compreensão e das crenças foram estruturadas de modo a observar possíveis variações nos GC e GE tanto no formato híbrido, quanto no virtual.

A sondagem dos construtos ocorre em dois momentos distintos, como pré e pós-testes. Apesar dessa nomenclatura, estas medições não se limitam a “testes”; são instrumentos criados e validados com o intuito de mensurar construtos específicos. Não se trata de “testar” o estudante, mas de buscar por indícios do impacto de elementos específicos das sequências didáticas propostas, tanto na compreensão (de Mecânica Newtoniana) como nas convicções dos estudantes (quanto às próprias capacidades para desempenhar na disciplina de Física). Além disso, esses instrumentos permitiram investigar recortes socioeconômicos que podem estar implicados no processo de formação das crenças e do aprendizado em si.

Essa proposta levou em conta o fato de que cerca de 75% dos estudantes que acessaram a plataforma (e participaram da pesquisa) o faziam via um smartphone de configurações simples e dentro de um contexto permeado por múltiplas adversidades ao ensino e à aprendizagem; e que os encontros síncronos (duas aulas virtuais semanais de cinquenta minutos cada) não eram consideradas obrigatórias e, portanto, a sequência didática deveria ser autoinstrutiva.

Pela perspectiva social-cognitiva, utilizaram-se na sequência didática textos em conjunto com as aulas, os vídeos explicativos e as atividades de fixação para que atuassem como modelos (Bandura, 2001; 2008), transmitindo informações aos estudantes mediante os subprocessos de: atenção, retenção, reprodução e motivação. Assim, esperava-se promover a aquisição, a retenção e a correção de informações sobre a noção de movimento newtoniana; e afetar a motivação, principalmente pela atualização das crenças de autoeficácia para o desempenho da disciplina.

Por hipótese, as animações buscavam ser modelos mais eficazes e os feedbacks auxiliariam na autorregulação e permitiriam uma nova oportunidade de sucesso (experiência positiva). Por conseguinte, é avaliado se o uso sistemático desses recursos audiovisuais promoveu diferentemente as crenças e o desempenho dos estudantes em diferentes recortes. Essa estratégia está resumida no Quadro 2.

Quadro 2. Aspectos teóricos utilizados e as respectivas estratégias de intervenção propostas. Fonte: Elaboração própria (2023).

Construtos acionados da TSC	Conceitos centrais	Estratégia
Modelação	- Modelos reais, verbais e pictóricos - Subprocessos: Atenção, Retenção e Reprodução	Foram disponibilizados dois vídeos explicativos que utilizavam animações (modelos reais, verbais e pictóricos). Esperava-se que nos vídeos propostos: os modelos tenham clareza e riqueza de informações e sejam interessantes, promovendo sua Atenção e Retenção para, posteriormente, sua Reprodução nos exercícios e na formação da Motivação.
Modelação, Crenças de Autoeficácia e Agência	- Subprocessos: Retenção e Motivação, Crenças de Autoeficácia, Experiências positivas, Autorreflexão e Autorregulação	Nas duas últimas atividades <i>on-line</i> , foi criado um sistema em que, ao errar a resposta, os estudantes eram direcionados a um vídeo (de explicação do professor) atuando <i>feedback</i> instrutivo e disponibilizando uma nova chance de resposta. Esperava-se, com isso, promover mais experiências de êxito e atuar na regulação das ações, pensamentos e motivações dos estudantes.

A intervenção aplicada nas duas últimas etapas da sequência didática partiu da noção de que, nos processos de modelagem, as pessoas podem abstrair informações dos modelos e ratificar seus pensamentos. Contudo, o poder do modelo depende, em geral, de suas características. Bandura (2008) esclarece que modelos pictóricos apresentam vantagens em relação aos modelos físicos e verbais. Ao alterar o conteúdo audiovisual dos vídeos e proporcionar feedbacks em vídeo nas atividades, esperava-se atuar nos subprocessos de modelagem e a motivação na medida em que as atividades tentaram promover a reprodução, a retenção e a autenticação dos pensamentos. Em atividades tradicionais, raramente os estudantes têm a oportunidade de tentar uma segunda vez, caso errem, ou recebem algum auxílio durante a resolução de um questionário. Esperava-se promover experiências de êxito – principal fonte da formação (e alteração) das crenças de autoeficácia (Bandura, 2008) – por meio de novas chances de acerto em questões que o estudante possivelmente teve dúvida.

Há várias décadas que teóricos como Ausubel (1968), Novak (1981) e Piaget (1986) declaram que a organização cognitiva prévia dos estudantes é determinante na aprendizagem subsequente, por exemplo, em processos escolares de ensino. Evidenciar a compreensão de uma pessoa em um determinado campo não é uma tarefa simples, especialmente no cotidiano escolar. Durante a TEMAC, foi possível identificar que, nesse campo, destacam-se os trabalhos de Halloun e Hestenes (1985) e Hestenes *et al.* (1995), que propuseram o Inventário do Conceito de Força (Force Concept Inventory). Nas palavras de Han *et al.* (2015, p. 1), “avaliar o que os alunos aprendem ou o que eles sabem é uma tarefa importante, mas difícil, na pesquisa em educação. Na comunidade de ensino de Física, o Inventário do Conceito de Força (FCI) é a ferramenta de avaliação mais utilizada”.

Para examinar as concepções dos estudantes das 14 turmas do 1º ano do Ensino Médio, mediante os pré e pós-testes, utilizou-se aqui, dada às adversidades do ERE, a Metade do Inventário do Conceito de Força (Half Force Concept Inventory) – HFCI, proposta e validada por Han *et al.* (2015, 2016), como uma alternativa mais acessível do que o questionário de Hestenes *et al.* (1995). O HFCI é formado por 14 das 30 questões do FCI, preservando a confiabilidade do exame original. Paralelamente, avaliou-se o nível das crenças de autoeficácia para o desempenho na disciplina de Física a partir da adaptação do instrumento proposto por Rocha e Ricardo (2016). O esquema de aplicação está representado na Figura 1.

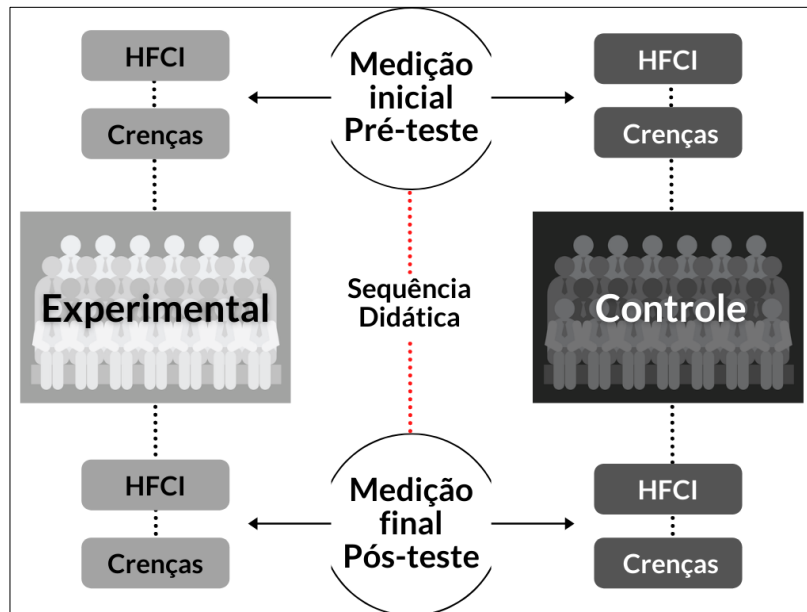


FIGURA 1. Esquema dos procedimentos aplicados para análise do ganho <g> de aprendizagem de Mecânica Newtoniana e da modificação das crenças de autoeficácia. Fonte: Araújo (2022, p. 110).

Haloun Y Hestenes (1985), em um estudo realizado com um número massivo de pré e pós-testes de cursos introdutórios de Física em uma universidade, concluíram: (1) que crenças do senso comum acerca do movimento e de suas causas têm grande efeito no desempenho e que instruções tradicionais alteram muito pouco essas crenças; e (2) que o ganho conceitual por parte dos estudantes submetidos à abordagem tradicional é essencialmente independente do professor. Hake (1998) considera que essas conclusões são consistentes com achados recentes, e, por isso, propõe o ganho médio normalizado <g>, observado que consideráveis esforços têm sido empregados na tentativa de melhorar cursos introdutórios de Física.

A intervenção didática proposta – i.e., as alterações audiovisuais e a adição de um sistema de feedbacks nas atividades do GE – foi executada durante cerca de duas semanas. Como descrito, buscou-se identificar mudanças nas concepções de força e de movimento na perspectiva newtoniana, utilizando-se do HFCI (Han *et al.*, 2015) em pré e pós-testes, com os quais determinamos o ganho médio normalizado <g> (Hake, 1998). Ao mesmo tempo, foram sondados os níveis prévios e posteriores à intervenção das crenças de autoeficácia para o desempenho da disciplina de Física por meio da adaptação da ferramenta psicométrica de Rocha y Ricardo (2019). Também foi coletado um conjunto de informações socioeconômicas que, de modo exploratório, possibilitou verificar correlações entre variáveis socioeconômicas e as convicções dos estudantes em relação à disciplina de Física.

Para isso, foram realizadas análises como a ANOVA Repeated Measures, Anova One-Way, t-student e regressão logística multinomial por meio do *software* gratuito Jamovi 2.2.5, adotando $p < 0.05$ como o valor de corte (nível de significância) para descarte das hipóteses nulas levantadas em relação à correlação entre as variáveis.

Um total de 288 estudantes concordaram em participar da pesquisa, respondendo ao questionário socioeconômico e ao instrumento de mensuração do nível das crenças de autoeficácia. Das diversas informações coletadas, 10 variáveis independentes foram rodadas nas análises de variância: (1) o Formato (Virtual ou Híbrido); (2) o Grupo (Experimental ou Controle); (3) o sexo; (4) a cor ou a raça; (5) a renda familiar; (6) se o estudante trabalha; (7) o grau de escolaridade do pai; (8) o grau de escolaridade da mãe; (9) a forma de acesso ao ambiente virtual utilizado pela escola; e (10) a quantidade de aparelhos de acesso à internet que o estudante tinha em casa. A seguir, são apresentadas informações acerca dos estudantes e da escola, bem como os resultados das análises da aplicação.

V. APLICAÇÃO E RESULTADOS

Algumas considerações acerca da escola em que esta pesquisa foi realizada são pertinentes. Localizada a cerca de 30 km do Plano Piloto de Brasília – DF, é uma instituição de grandes proporções, ofertando em sistema de semestralidade¹: Ensino Fundamental Anos Finais, Ensino Médio, os 1º, 2º e 3º segmentos da Educação de Jovens e Adultos (EJA), e ainda, os 1º e 2º segmentos da EJA Interventiva por meio Classes Especiais. Abrigou cerca de 2500 estudantes no ano de 2020, dos quais cerca de 1200 estavam no Ensino Médio. Outro aspecto relevante é que, a partir de 2019, a escola foi selecionada para participar do controverso projeto-piloto de Gestão Compartilhada, mediante a parceria entre as secretarias de Educação e Segurança do DF. Assim, a instituição passou a ter duas direções: uma pedagógica, de atribuição dos docentes; e outra disciplinar, de responsabilidade de policiais militares. Em síntese, essa escola atende a um público muito amplo e apresenta diversas problemáticas em relação aos indicadores de qualidade educacional, de saúde e renda, encontrando-se em uma região com elevados índices de violência urbana.

Diante desse contexto escolar, complexificado com a pandemia, coube refletir acerca das urgências e das possibilidades em relação ao ensino e a aprendizagem de Física (e demais Ciências da Natureza) para o conjunto de 576 estudantes matriculados nas quatorze (14) turmas participantes. Desse total de estudantes, metade (288) concordou em participar da pesquisa, respondendo ao questionário socioeconômico e ao instrumento de mensuração das crenças de autoeficácia. Desse modo, foi possível observar que, nesta amostra, cerca de 56% dos estudantes se identificaram como do sexo feminino e 44% como do sexo masculino. Em relação à cor, cerca de 46% consideraram-se pardos, 30% brancos, 18% pretos, 3% amarelos e 2% indígenas. Em relação à idade, aproximadamente 70% desses estudantes estavam atrasados pelo menos um ano em relação à idade ideal (que é de 15 anos para o 1º ano do EM). A maioria dos estudantes moravam próximos à escola.

Quanto à renda familiar mensal 11,9% afirmaram não ter qualquer renda e, em termos de salários mínimos, 38,8% declararam receber até 1,5. Os demais, indicaram que suas famílias recebiam entre 1,5 e 3 (29,1%), entre 3 e 5 (9,7%), entre 5 e 7 (3,2%); entre 7 e 10 (1,9%), entre 10 e 15 (4%) e entre 15 e 20 (0,7%). Aproximadamente metade dos respondentes afirmou que, com essa renda, vivem quatro ou cinco pessoas (incluindo-o). Além disso, 22,6% dos respondentes declararam possuir alguma atividade remunerada.

Em relação à escolaridade das mães e pais, as informações podem ser resumidas no Quadro 3, cujo destaque consideramos relevante em face da importante correlação que se discute na próxima seção.

Quadro 3. Grau de escolaridade da mãe e do pai obtidos pelas respostas de 288 estudantes em porcentagem (%). Fonte: Elaboração própria (2023).

Pais	Não sei informar	Não sabe ler nem escrever	E. F. (i)	E. F. (c)	E. M. (i)	E. M. (c)	E. S. (i)	E. S. (c)	Pós-graduação
Mãe	9,3	1,1	16,5	6,5	14,7	32,6	1,8	9,7	7,9
Pai	26,5	4,3	16,8	5	7,9	24,4	3,9	7,2	3,9

Legenda: E. F.: Ensino Fundamental; E. M.: Ensino Médio; E. S.: Ensino Superior; (i): incompleto; (c): completo.

De acordo com o Quadro 3, nota-se que quase 40% das mães e 34% dos pais não concluíram o Ensino Médio, etapa final da Educação Básica. Também chama a atenção o elevado número de estudantes que não sabiam informar a escolaridade do pai, cerca de 1/4 deles.

Quanto à principal forma de acesso à plataforma, 62,4% dos respondentes utilizavam o celular com internet banda larga, enquanto 10,8% com internet 3G/4G. Em torno de 25,4% acessava a plataforma por um computador, e, em 17,5% dos casos, os estudantes compartilhavam o aparelho celular com familiares.

Com as 288 respostas, foi possível investigar correlações entre as dimensões sociais e cognitivas. Por outro lado, desse total, apenas 170 estudantes responderam a todas as medições iniciais e finais. Essa foi a amostra utilizada para a análise dos possíveis impactos das sequências didáticas (e da intervenção proposta) nas crenças de autoeficácia e nas concepções newtonianas do movimento.

A adaptação realizada em algumas das questões do questionário de Rocha e Ricardo (2019) foi necessária em vista de a mensuração ocorrer, neste caso, em uma situação de aprendizagem virtual e híbrida. Os estudantes poderiam marcar seu nível de concordância como: (5) Concordo plenamente; (4) Concordo; (3) Indiferente; (2) Discordo; e (1)

¹ No modelo adotado pelo Distrito Federal para seu Ensino Médio, denominado semestralidade, os estudantes permanecem submetidos a um regime seriado anual; entretanto, as disciplinas, com exceção da Língua Portuguesa, da Matemática e da Educação Física, são ofertadas, de maneira obrigatória, semestralmente intercaladas. No Ensino Remoto Emergencial (ERE) adotado durante a pandemia de Covid-19, não havia obrigatoriedade de ofertar encontros síncronos com os estudantes. Assim, cabia às direções de cada escola, autonomamente, decidir pela oferta ou não de encontros síncronos pelos professores, evidenciando-se, assim, ainda mais o caráter precário do modelo.

Discordo plenamente, no caso da afirmação positiva quanto à crença. Nas afirmações negativas, adotou-se o contrário: (1) Concordo plenamente até (5) Discordo plenamente. Assim, o menor e o maior valor possível para o nível das crenças neste questionário é, respectivamente, 21 e 105.

Quanto à confiabilidade das medições inicial e final do nível das crenças, encontrou-se = 0,874 e = 0,812, o que sinaliza a existência de consistência interna nas respostas ao questionário de Rocha e Ricardo (2019), um primeiro passo para identificar a validade das medidas das crenças (Moroco y Garcia-Marques, 2006). A Figura 2 exibe os níveis iniciais das crenças apresentados em dez agrupamentos, em que, o eixo vertical mostra o número de respostas e o eixo horizontal mostra os intervalos de níveis de crença.

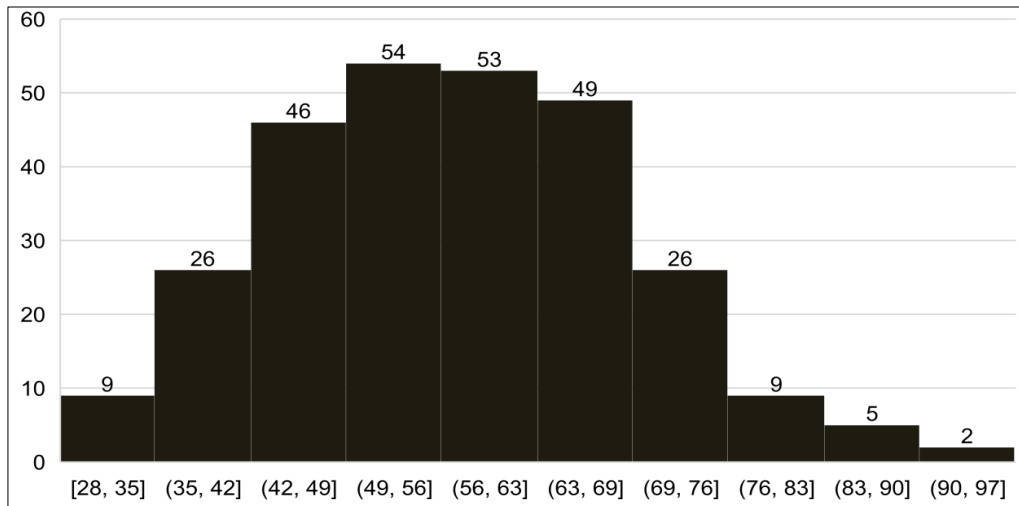


FIGURA 2. Medidas de autoeficácia de 288 estudantes do 1º ano do Ensino Médio para o desempenho em Física em uma escala que varia entre 21 e 105. Fonte: Elaboração própria (2023).

O menor nível encontrado foi 28 e o maior 97 dentre as 288 respostas. A média foi de $56,5 \pm 12,8$ DP. Notando que o valor mediano dessa escala, que vai de 21 a 105, é 63, nota-se que os estudantes apresentam, em média, baixos níveis de convicção em relação às próprias capacidades necessárias para o bom desempenho na disciplina de Física.

VI. SÍNTESES DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os estudantes que responderam aos instrumentos de medida formaram quatro agrupamentos. No primeiro semestre de 2021, 3 turmas receberam a sequência didática Controle (C) durante o formato Virtual (V), enquanto 4 turmas receberam a sequência Experimental (E). No segundo semestre de 2021, com a atenuação da pandemia, as escolas no DF adotaram o formato Híbrido (H); de modo que 4 turmas receberam a sequência Controle (C) e, ao mesmo tempo, 3 turmas a sequência Experimental nesse formato. Desse modo, nomeou-se esses quatro agrupamentos, respectivamente, de: 3CV, 4EV, 4CH e 3EH.

Durante este período, foi perceptível o alto grau de desistência escolar ao longo dos dois semestres. Isso pode ser observado pelo número de respostas aos instrumentos enviados. Enquanto na primeira mensuração foram 288 respostas, apenas 187 foram recebidas duas semanas depois (isto é, no pós-teste). Do total, apenas 170 estudantes responderam aos dois instrumentos antes e depois da intervenção. O Quadro 4 ilustra as médias do nível das crenças de autoeficácia nos quatro casos: CV, CH, EV, EH.

Quadro 4. Média das 170 medidas das crenças de autoeficácia nos grupos Controle (C) e Experimental (E) nos formatos Híbrido (H) e Virtual (V).

Grupo	N	Autoeficácia Inicial	Autoeficácia Final	Varição
CH	55	$56,0 \pm 14,1$ DP	$56,4 \pm 11,2$ DP	0,4
CV	25	$56,4 \pm 10,9$ DP	$54,8 \pm 10,3$ DP	-1,6
EH	51	$62,2 \pm 14,3$ DP	$62,5 \pm 15,7$ DP	0,3
EV	39	$53,1 \pm 12,3$ DP	$53,9 \pm 12,1$ DP	0,8
C (total)	80	$56,1 \pm 13,1$ DP	$55,9 \pm 10,9$ DP	-0,2
E (total)	90	$58,2 \pm 14,1$ DP	$58,8 \pm 14,9$ DP	0,6

Legenda: N: número de estudantes; Varição: diferença entre níveis final e inicial. Fonte: Elaboração própria (2023).

A partir do Quadro 5 é possível notar que houve variação negativa (-1,6) no nível das crenças no Grupo Controle do formato Virtual (CV), o que representa uma diminuição de cerca de 2% do índice. A segunda maior variação (0,8) foi a do Grupo Experimental do formato Virtual (EV), correspondendo a um aumento de aproximadamente 1%. O total de estudantes dos GC (80) tiveram uma diminuição de cerca de 0,2% em seus níveis, ao passo que, o total dos estudantes dos GE (90) apresentaram cerca de 0,7% de aumento. Esses resultados, por si só, não são suficientes para confirmar a hipótese de que os diferentes elementos que constituem as sequências didáticas (Controle e Experimental) produziram diferentes percepções de eficácia pessoal em relação à performance na disciplina de Física. Em outros termos, essas diferenças são estatisticamente significativas à primeira vista? Ou, é possível afastar a hipótese (nula) de que essas variações nos níveis das crenças ocorreram aleatoriamente? Para responder essas perguntas, utilizou-se o software Jamovi 2.2.5., como será detalhado mais adiante.

Na situação adversa na qual esta pesquisa foi desenvolvida, optou-se por buscar indícios de aprendizagem por meio do desempenho dos estudantes em um instrumento de “fácil” aplicação e extensamente testado. Desse modo, o instrumento criado por Hestenes *et al.* (1995), reduzido e validado por Han *et al.* (2015, 2016), mostrou-se o mais adequado para análises descritivas e estatísticas de parte do objetivo da sequência didática, de promover a compreensão newtoniana do movimento e da força. Han *et al.* (2015) dividiram o questionário em dois, de 14 itens (não idênticos), que poderiam ser aplicados como pré e pós-teste em menor tempo e evitando a interferência da memorização das questões, efeito que ocorre quando há reaplicação de provas (idênticas) em um período de até cinco semanas. Abaixo, o Quadro 6 apresenta uma síntese dos resultados de acertos percentuais nos pré e pós-testes dos 170 respondentes dos quatro agrupamentos (CV, CH, EV e EH).

Quadro 5. Síntese das médias percentuais (%) de acertos dos Grupos Experimental e Controle nos formatos Híbrido (H) e Virtual (V) nos pré e pós-testes e resultado do teste de Shapiro-Wilk. Fonte: Elaboração própria (2023).

Objetivo	Grupo	Formato	HFCI inicial	HFCI final	Final - Inicial
Síntese das médias percentuais	Experimental	Híbrido	20,85 ± 13,07 DP	20,71 ± 15,14 DP	-0,14
		Virtual	19,79 ± 13,79 DP	18,71 ± 15,71 DP	-1,07
	Controle	Híbrido	20,36 ± 14,57 DP	21,71 ± 16,71 DP	1,35
		Virtual	21,14 ± 10,00 DP	15,43 ± 9,57 DP	-5,71
	Experimental	H + V	20,32 ± 0,75 DP	19,71 ± 1,41 DP	-0,61
	Controle	H + V	20,75 ± 0,55 DP	18,57 ± 4,44 DP	-2,18
Aplicação do teste Shapiro-Wilk	Experimental	Híbrido	< 0,001	< 0,001	
		Virtual	< 0,001	< 0,001	
	Controle	Híbrido	< 0,001	< 0,001	
		Virtual	0,060	0,023	

A interpretação dos dados revelados no Quadro 5 demandam cuidado. Matthiensen (2011) aclara que uma das principais maneiras de avaliar se um instrumento utilizado foi capaz de mensurar o construto de interesse é o coeficiente Alfa de Cronbach (α), que mede a correlação dos itens (consistência interna). Os valores de Alfa encontrados nos pré ($\alpha = 0,268$) e pós-teste ($\alpha = -0,067$) foram muito baixos, o que revela inconsistência nas respostas ao HFCI; em outros termos, mostra a independência dos itens. Han *et al.* (2015) mensuraram três parâmetros do FCI e das duas versões do HFCI: a discriminação, a dificuldade e a chance de adivinhação. Em relação a este último parâmetro, Han *et al.* (2015) mostram que a chance de adivinhar as respostas do FCI e dos HFCI é de 10% a 15%, menor do que a incerteza estrutural de um questionário de itens de cinco opções com uma única resposta correta, devido ao poder dos distratores de enviesar as respostas dos estudantes que carregam concepções intuitivas ou “ingênuas”, reduzindo a ocorrência de respostas aleatórias ou “chutes”. Como as médias de acertos nas 170 respostas ficaram em torno de 20% e os valores de Alpha foram muito baixos ($\alpha < 0,3$), corrobora-se a hipótese de que boa parte dos estudantes tenham marcado aleatoriamente ao exame de mecânica, revelando a dificuldade de colher dados seguros neste período, ou, alternativamente, ser um indício do efeito da baixa percepção de autoeficácia.

A partir dos pré e pós-testes, realizou-se, ainda, uma análise semelhante à de Hake (1998), mensurando o ganho percentual normalizado $\langle g \rangle$ e o ganho percentual normalizado médio $\langle \langle g \rangle \rangle$, para cada uma das 14 turmas e nos Grupos Controle e Experimental. A Figura 3 apresenta a dispersão das turmas em um gráfico entre o ganho médio atual $\langle G \rangle$, em que $\langle G \rangle = \langle SF \rangle - \langle SI \rangle$, em relação à média percentual de acerto inicial $\langle SI \rangle$.

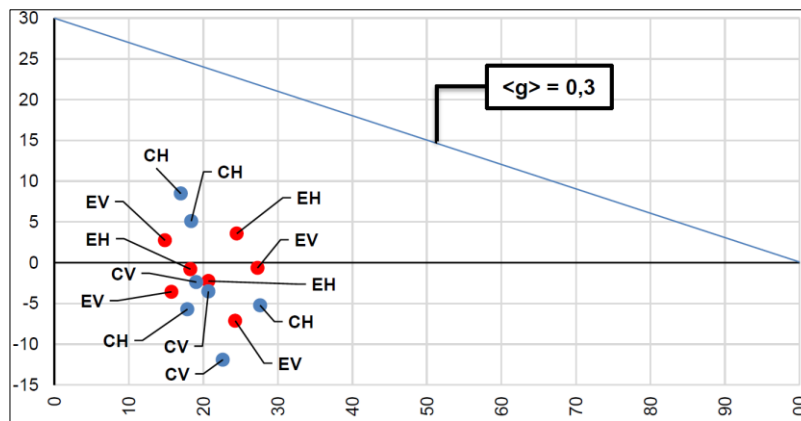


FIGURA 3. Gráfico do ganho médio atual $\langle G \rangle$ em relação à média percentual de acertos no pré-teste $\langle Si \rangle$ de 14 turmas do primeiro ano do Ensino Médio. Fonte: Elaboração própria (2023).

Deve-se notar que o valor da inclinação da linha definida pelo ponto $(\langle Si \rangle, \langle G \rangle)$, de qualquer uma das turmas, e o ponto $(\langle Si \rangle = 100\%, \langle G \rangle = 0\%)$ é o valor de ganho. A linha azul indica a região em que $\langle g \rangle = 30\%$. Hake (1998) classifica o ganho como: alto, quando $\langle g \rangle \geq 70\%$; médio, quando $70\% \geq \langle g \rangle \geq 30\%$; e baixo, quando $\langle g \rangle \leq 30\%$. Desta forma, é possível ver que as turmas ficaram em torno de $\langle Si \rangle = 20\%$, quatro turmas com $\langle g \rangle$ positivo e dez com $\langle g \rangle$ negativo; todas as turmas ficaram na faixa de baixo ganho, ou mesmo uma baixa “perda”. O ganho de cada um dos casos é: $\langle g \rangle_{CV} = -7,2\%$, $\langle g \rangle_{CH} = 1,7\%$, $\langle g \rangle_{EV} = -1,3\%$, e $\langle g \rangle_{EH} = -1,8\%$. Utilizando o recorte de sete turmas submetidas à sequência Experimental e Controle foram encontrados $\langle\langle g \rangle\rangle_{7E} = -0,8\% \pm 0,8\%$ e $\langle\langle g \rangle\rangle_{7C} = -2,8\% \pm 6,3\%$. Pode-se observar um valor muito pequeno para o ganho percentual normalizado médio, no qual a “perda” foi cerca de 3,7 vezes maior no grupo Controle do que no Experimental. Quando o recorte são as sete turmas do formato Virtual e Híbrido: $\langle\langle g \rangle\rangle_{7H} = 0,8\% \pm 1,3\%$ e $\langle\langle g \rangle\rangle_{7V} = -4,3\% \pm 4,2\%$. Mesmo que a “perda” no grupo Virtual seja cerca de 5,4 vezes maior do que o ganho no grupo Híbrido, esses valores são todos menores que 5%.

Hake (1998) compara o ganho ($\langle\langle g \rangle\rangle_{10IE} = 55\% \pm 11\%$) de 10 cursos secundaristas e 48 disciplinas em nível superior ($\langle\langle g \rangle\rangle_{48IE} = 48\% \pm 14\%$), em que se utilizaram estratégias de Engajamento Interativo, com 14 disciplinas introdutórias de Física com formas tradicionais de ensino ($\langle\langle g \rangle\rangle_{14T} = 23\% \pm 4\%$). Silva, Sales e Castro (2019) relatam $\langle g \rangle = 38\%$ em uma turma (Experimental) em que se utilizou estratégias de gamificação, e $\langle g \rangle = 11\%$ em uma turma (Controle) que teve aulas convencionais. Espinosa *et al.* (2017) relata os ganhos $55\% \pm 15\%$, $55\% \pm 34\%$ e $67\% \pm 20\%$ em três testes padronizados de eletromagnetismo aplicados a uma turma de Física Geral com 27 estudantes. Quando se comparam esses relatos com os dados obtidos no ERE, corrobora-se a compreensão de que não foi possível captar o nível de compreensão inicial e final de Mecânica Newtoniana dos estudantes.

Outro teste realizado foi o de Shapiro-Wilk que mostrou que, exceto o grupo CV no pré-teste, as respostas não apresentaram uma distribuição normal, pressuposto estatístico requisitado para testes paramétricos como a Análise de Variância (ANOVA). O que inviabilizou a corroboração dos resultados encontrados por Multon, Brown y Lent (1991), Souza (2007, 2008), Rodrigues y Barrera (2007) e Rocha y Ricardo (2019), de que as crenças de autoeficácia se relacionam positiva e significativamente com o desempenho acadêmico. Ainda, utilizando-se a análise não paramétrica de Friedman ($p = 0,602$), foi possível verificar que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos nos pré e pós-testes.

Desse modo, entende-se que não foi possível observar variações entre as médias dos pré e pós-testes nos diversos grupos e formatos, revelando a complexidade de estabelecer uma pesquisa translacional em uma circunstância particularmente desfavorável aos processos formais de educação e na obtenção de informações acerca de construtos de natureza cognitiva, como a aprendizagem, mesmo com o uso de ferramentas amplamente testadas como o FCI e o HFCl. Conclusão alternativa poderia ser, também, pela não influência das crenças de autoeficácia.

Todavia, este conjunto de julgamentos específicos (as crenças de autoeficácia) são, como mostra a literatura, poderosos preditores de diversos aspectos acadêmicos, incluindo o desempenho (Schunk, 1991 y Zimmerman, 2000). E nesse sentido, o resultado revelou a proficuidade do instrumento psicométrico de Rocha e Ricardo (2019), posteriormente aperfeiçoado/validado por Ferreira *et al.* (2023), que, mesmo nesse contexto, mostrou-se capaz de quantificar o nível das crenças de autoeficácia na disciplina de Física.

Nesse sentido, o quadro teórico social-cognitivo mostra-se como uma perspectiva apropriada para examinar aspectos sociais relevantes que participam da aprendizagem e influenciam diversos aspectos acadêmicos (Bandura, 1977, 1986). Assim, cabe indagar, subsidiariamente: É possível identificar variáveis sociais que apresentam correlações estatisticamente significativas com as crenças de autoeficácia para o desempenho da disciplina de Física?

Para isso, o conjunto de dados socioeconômicos obtidos nas 288 respostas foi examinado buscando evidências de relações entre as crenças em Física e dez variáveis independentes citadas no final da seção 2.4. Foram consideradas como variáveis dependentes os níveis das crenças de autoeficácia inicial e final. Como explicado, utilizou-se aqui o software Jamovi 2.2.5 e adotou-se como valor de significância $p \leq 0,05$, na intenção de: (a) procurar evidências acerca de impactos das sequências aplicadas aos grupos Controle e Experimental, e (b) sondar tendências dos níveis das crenças de autoeficácia dos estudantes em relação às variáveis independentes.

As medições inicial e final das crenças, nas 170 respostas, atenderam aos pressupostos para as análises de variância, isto é, a normalidade (mediante os testes de Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov) e a homogeneidade de variância via o teste de Levene. O nível médio das crenças verificadas na medição final ($57,4 \pm 13,7$) foi ligeiramente superior ao da medição inicial ($57,2 \pm 13,3$). A execução de um teste t de Student de medidas repetidas possibilitou determinar que não houve uma diferença estatisticamente significativa entre os níveis das crenças de autoeficácia antes e após a sequência didática ($t(170) = -0,963$, $p = 0,336$). O tamanho de efeito das duas medidas foi muito pequeno (D de Cohen = $0,0683$). Os valores das médias bem como de seus desvios padrões, além do valor de $p = 0,997$ indicam a precisão e a especificidade do instrumento psicométrico proposto por Rocha e Ricardo (2019) e adaptado nesta investigação. O nível das crenças dos 170 respondentes permaneceu quase inalterado após as duas semanas.

Além desse curto período de aplicação, a intervenção didática ocorreu em aspectos pontuais da sequência didática. Nesse sentido, não parece razoável esperar modificações muito acentuadas nos níveis das crenças, como talvez ocorra com abordagens muito diferentes e em um maior tempo de execução. Na Figura 4, é possível observar que o nível das crenças do GE aumentou, em média, 0,5%, ao passo que no GC ocorreu uma diminuição de 0,2%.

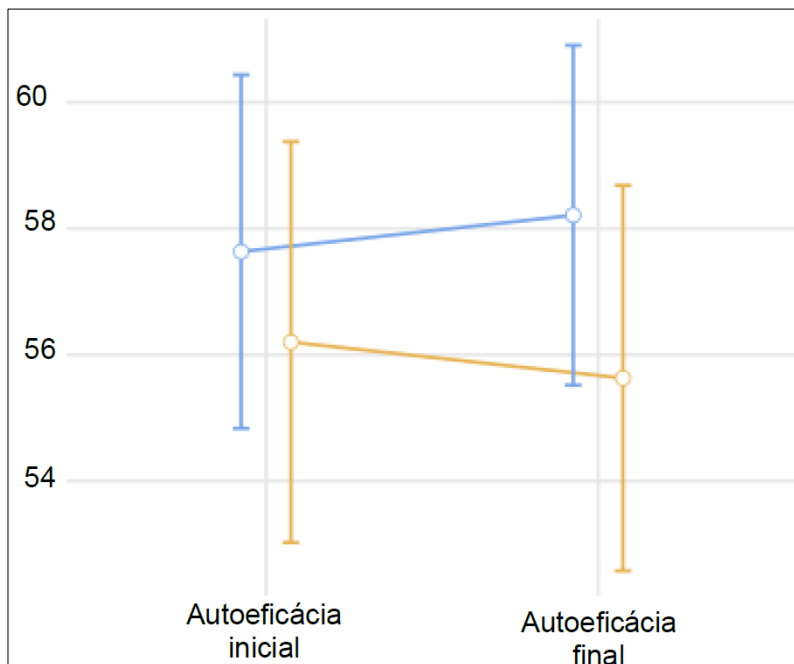


FIGURA 4. Medida das crenças de autoeficácia inicial e final dos grupos Experimental (Azul) e Controle (Amarelo). Fonte: Elaboração própria (2023), por meio do Jamovi 2.2.5.

Para afastar ou não a hipótese nula (H_0) de que não há diferenças significativas entre as medidas nos dois grupos, foram realizadas Análises de Variância de Medidas Repetidas (ANOVA-MR). Assim, constatou-se que não foi possível afastar a hipótese nula, pois não se identificou diferenças estatisticamente significativas entre as médias de GE e GC ($F(170) = 0,271$, $p = 0,603$). Desta maneira, parte do objetivo da pesquisa foi atingido, verificar indícios de diferentes repercussões das sequências didáticas (Controle e Experimental). Em síntese, dentro da complexa conjuntura explicitada, não foram encontradas distinções estatisticamente significativas nas medidas das crenças de autoeficácia para o desempenho da disciplina de Física e da compreensão conceitual da teoria newtoniana do movimento entre os grupos Controle e Experimental.

Percebe-se, assim, a complexidade de mensuração do nível de compreensão ou aprendizado em contextos de adversidade. Por outro lado, foi possível observar um sutil aumento no nível das crenças no grupo Experimental, e uma queda sutil no nível das crenças dos grupos Controle, mesmo sem a possibilidade de afastar a hipótese nula, da não influência da intervenção pedagógica proposta neste resultado.

De forma exploratória, coube a realização de outras análises com a finalidade de identificar fatores que, para além da abordagem didática, possam afetar a percepção dos estudantes em relação às próprias capacidades nos processos de ensino e aprendizagem de Física. Isto é, é possível identificar fatores socioeconômicos que são relevantes na formação das crenças de autoeficácia para o desempenho na disciplina de Física? Para responder esta pergunta, foi realizada uma ANOVA com o nível das crenças de autoeficácia (variável dependente) e as dez variáveis independentes a partir das 288 respostas iniciais. Os resultados dessa análise podem ser vistos no Quadro 6, a seguir.

Quadro 6. Resumo dos resultados da Análise de Variância (ANOVA) do nível das crenças de autoeficácia de 288 estudantes em relação as dez variáveis independentes. Fonte: Elaboração própria (2023).

	Variável	F	p	η^2	Shapiro-Wilk	Levenes
Autoeficácia Inicial	(1) Grupo (CE)	1,37	0,244	0,005	0,194	0,215
	(2) Formato (HV)	6,61	0,011	0,023	0,258	< 0,001
	(3) Sexo	3,71	0,006	0,050	0,222	0,256
	(4) Cor / raça	0,45	0,817	0,008	0,133	0,199
	(5) Qtd de aparelhos	1,08	0,379	0,038	0,167	0,114
	(6) Renda familiar	6,46	0,002	0,044	0,290	0,453
	(7) Trabalho	0,51	0,474	0,002	0,132	0,245
	(8) Escolaridade (Pai)	2,64	0,034	0,036	0,170	0,411
	(9) Escolaridade (Mãe)	1,92	0,106	0,027	0,231	0,103
	(10) Acesso	1,39	0,229	0,024	0,205	0,237

Como é possível observar no Quadro 6, dentre as dez variáveis, foram identificadas diferenças significativas nas crenças em quatro delas: (2) Formato ($p = 0,011$); (3) Sexo ($p = 0,006$); (6) Renda familiar ($p = 0,002$); e (8) Escolaridade do pai ($p = 0,034$). Mais detalhes são apresentados a seguir.

Das quatorze (14) turmas participantes da pesquisa, sete (7) mantiveram contato com o professor apenas no formato Virtual e apresentaram um nível de autoeficácia cerca de 5% menor ($54,2 \pm 10,8$) quando comparadas com as outras 7 turmas que, no semestre seguinte, participaram em formato Híbrido ($58,3 \pm 14,1$). Essa diferença estatisticamente significativa ($p = 0,011$) indica que, no contexto das aulas completamente on-line, os estudantes sentiam-se menos capazes em desempenhar a disciplina de Física. Os estudantes que se identificaram como do sexo masculino apresentaram níveis de autoeficácia inicial cerca de 6% superiores ($59,5 \pm 12,7$) aos dos estudantes que se identificaram como do sexo feminino ($54,1 \pm 12,4$), dessemelhança significativa ($p = 0,006$) que dialoga com estudos que debatem acerca das crenças de autoeficácia e as questões de gênero, como Olaz (1997) e Rossi et al. (2020).

Como comentado no início da seção, foram identificadas 9 faixas de renda familiar: (1) Não possui renda mensal (11,9%); (2) Até 1,5 salário mínimo (38,8%); (3) entre 1,5 e 3 salários mínimos (29,1%); (4) entre 3 e 5 salários mínimos (9,7%); (5) entre 5 e 7 salários mínimos (3,2%); (6) entre 7 e 10 salários mínimos (1,9%); (7) entre 10 e 15 salários mínimos (4%); (8) entre 15 e 20 salários mínimos (0,7%); e (9) mais de 20 salários mínimos (0,3%). Com a ANOVA, identificou-se que as faixas (1) e (2) se distinguem significativamente ($p = 0,016$ e $p = 0,05$) da faixa (7). Os níveis médios de autoeficácia em cada um desses grupos são apresentados na Figura 4.

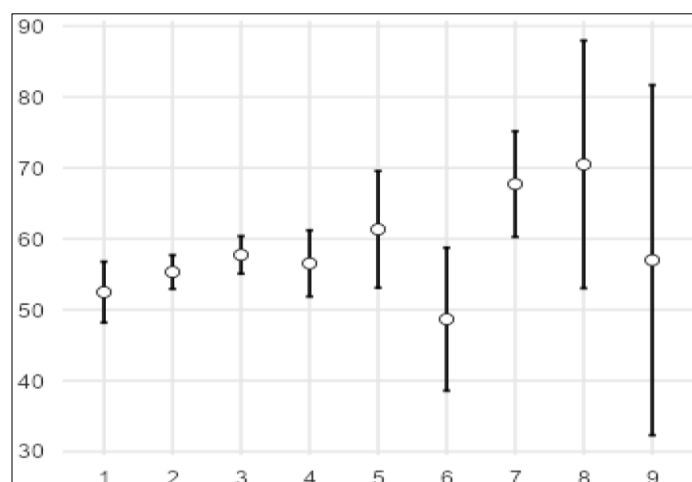


FIGURA 4. Nível das crenças de autoeficácia inicial em relação as nove faixas de renda familiar. Fonte: Elaboração própria (2023), por meio do Jamovi 2.2.5.

É possível observar na Figura 6 que as barras dos intervalos de confiança dos Grupos 8 e 9 são consideravelmente maiores que as demais, sobretudo em vista do reduzido número de estudantes nesses grupos. Mesmo assim, foram encontradas diferenças em torno de 15% e 12% entre os índices de autoeficácia dos estudantes das faixas (1) e (2) em relação à faixa (7), respectivamente. A partir do gráfico acima é possível inferir a existência de uma correlação positiva entre o quanto os estudantes sentem-se capazes de desempenhar a disciplina e sua renda familiar, o que foi corroborado pelo teste Pearson ($r = 0,183$; $p = 0,002$) e por uma regressão logística multinomial, onde foram observadas diferenças entre (1) e (3) ($p = 0,041$); (1) e (7) ($p < 0,001$); (1) e (8) ($p = 0,049$); (2) e (7) ($p = 0,003$); (3) e (7) ($p = 0,017$); (4) e (7) ($p = 0,024$); (6) e (7) ($p = 0,005$) e (6) e (8) ($p = 0,034$). Por isso, conclui-se que existem indícios de que há relação positiva entre as convicções dos estudantes acerca de suas próprias capacidades em desempenhar a disciplina de Física e a renda de suas famílias ($R^2 = 0,0217$).

As medidas de autoeficácia dos estudantes também apresentaram diferenças significativas ($p = 0,032$) em relação à escolaridade do pai. Os cinco recortes utilizados foram: (a) não sabe a formação do pai; (b) não completou o Ensino Fundamental; (c) não completou o Ensino Médio; (d) não completou o Ensino Superior; e (e) completou o Ensino Superior ou a Pós-graduação. A Figura 7 apresenta as médias, bem como o nível de confiança nesses recortes.

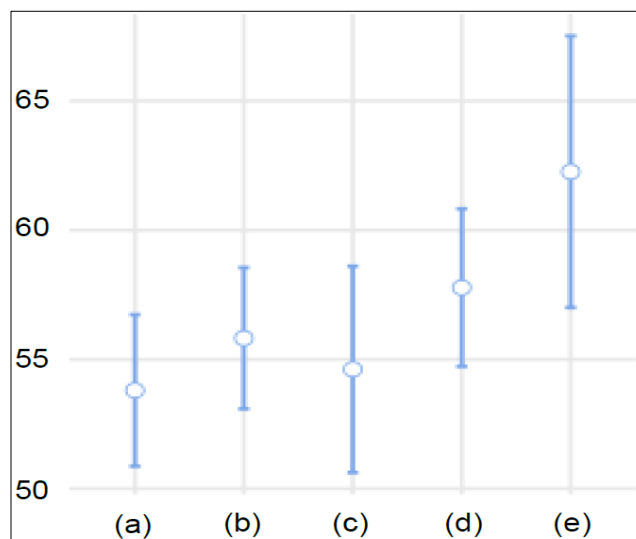


FIGURA 7. Nível das crenças de autoeficácia inicial em relação à escolaridade do pai. Fonte: Elaboração própria (2023), por meio do Jamovi 2.2.5.

Um teste de Tukey Post Hoc permitiu identificar que a diferença se mostrou significativa ($p = 0,018$) entre os níveis de formação acadêmica paterna (a) e (e). De modo semelhante às análises com a renda familiar, realizou-se uma regressão logística multinomial, que indicou a existência de um modelo significativo ($R^2 = 0,007$, $p = 0,015$). Os estudantes que não sabem a formação do próprio pai apresentam crenças cerca de 10% inferiores em relação àqueles em que o pai possui nível superior.

Como última etapa dessa investigação, realizou-se uma ANOVA com as medidas de autoeficácia e duas variáveis independentes simultâneas, combinando-as uma a uma. Nessa análise, revelou-se uma distinção significativa quando combinadas as variáveis (3) sexo e (4) cor ($p = 0,046$), no qual as estudantes que se identificaram como pretas e do sexo feminino apresentaram índices de autoeficácia cerca de 12% menores do que os estudantes que se identificaram como brancos e do sexo masculino. Individualmente, os recortes da variável (4) cor ou raça (amarelo, branco, indígena, pardo e preto) não haviam apresentado diferenças estatisticamente significativas em suas médias ($p = 0,806$).

As principais decorrências das avaliações das respostas dos estudantes aos instrumentos de medida antes e após a intervenção pedagógica foram exibidas nesta seção. Em seguida, serão discutidas, com base nos achados da presente investigação e da literatura especializada, as potencialidades da TSC e do uso do construto das crenças de autoeficácia nos processos de ensino e de aprendizagem de Física, particularmente na Educação Básica em articulação com as TDIC.

Nesta investigação, intenta-se fomentar o debate acerca dos processos motivacionais no âmbito da educação e, particularmente, do ensino de Física, acionando um de seus principais determinantes: as crenças de autoeficácia (Bandura, 1986, 2023). Acerca dessas convicções, Bandura (2017, p. 84) explica que “A menos que as pessoas acreditem que elas podem produzir resultados desejados, elas têm poucos incentivos para agirem ou perseverarem em face às dificuldades”. Assim, os objetivos e as aspirações, firmados em um sistema de valores, estabelecem incentivos futuros e conduzem a ação, moldando as trajetórias de vida das pessoas.

A literatura do campo de ensino de Física aponta que são muitas as problemáticas envolvidas na aprendizagem nessa área – especialmente, em relação ao engajamento estudantil disciplinas introdutórias. Nessa perspectiva, são válidos os esforços de reflexão acerca das dimensões do pensamento, dos sentimentos e das ações e, nomeadamente, dos sistemas de crenças (incluindo os de autoeficácia) no contexto educacional. Sem dúvida, é necessário investigar os sistemas de crenças e de valores que os estudantes possuem ao chegar (e ao sair) das etapas escolares para que se possa buscar por soluções para o amplo conjunto de problemas da educação científica pública. Na presente investigação, buscou-se mensurar possíveis modificações (i) na compreensão newtoniana da força e do movimento e (ii) nas percepções dos estudantes com relação às suas capacidades em organizar e executar cursos de ações necessários para atingir certo tipo ou nível de desempenho na disciplina de Física.

Os resultados das análises das respostas aos instrumentos exibidos na seção anterior evidenciaram que não foi possível aferir o nível de compreensão de mecânica dos estudantes, tão pouco, diferenças entre as duas estratégias didáticas (Experimental e Controle). Também não foram obtidas evidências razoáveis da alteração do nível das crenças entre os grupos (GE e GC). Contudo, foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre o nível das crenças de autoeficácia em relação à performance em Física: (i) de estudantes que tiveram uma abordagem completamente virtual em relação àqueles em que a abordagem foi híbrida; (ii) das meninas em relação aos meninos; (iii) principalmente das meninas pretas e em relação aos meninos brancos; (iv) de estudantes que não sabem o grau de escolaridade de seus pais em relação àqueles em que o pai possui formação superior; e (v) de estudantes provenientes de famílias com menor renda em relação aos de famílias de maior renda. Tanto o nível de escolaridade do pai quanto a renda familiar apresentam correlações positivas com o nível da percepção de autoeficácia em Física. Quais seriam as implicações disso em sala de aula?

Pajares e Olaz (2008) explicam que o nível dessas crenças é excelente preditor dos comportamentos das pessoas; por isso, entende-se aqui que experiências que promovem nos estudantes interpretações positivas ou negativas acerca das próprias capacidades em aprender Física e performar disciplinas introdutórias devem ser investigadas mais profundamente, considerando as quatro fontes desse sistema de crenças: as experiências diretas, as experiências vicárias, a persuasão social e os estados físicos e emocionais (Azzi y Polydoro, 2006).

Nessa perspectiva, a escola e os docentes devem buscar a promoção de experiências (diretas e vicárias) positivas, de êxito, em que os estudantes tenham condições de realizar os percursos requisitados para a obtenção dos resultados almejados. Os profissionais de educação podem se utilizar de modelos sociais, verbais e pictóricos, em que as atividades educacionais podem dispor de TDIC como um importante apoio. Estes também carregam importante tarefa na persuasão dos estudantes durante o processo educacional, sendo relevante fonte de informações acerca do desenvolvimento de competências. Por fim, deve-se atentar ao aspecto emocional, uma vez que o ambiente escolar precisa evitar altos níveis de estresse, ansiedade, depressão, medo e outros estados psicoemocionais prejudiciais, que afetam severamente não somente o aprendizado, mas a vida (acadêmica) dos indivíduos.

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS E POSSIBILIDADES DE EXTENSÃO

Neste trabalho em duas partes, foi relatada uma síntese da investigação de Araújo (2022) em que se discutiu a desafiadora conjuntura da educação pública brasileira durante o período mais agudo da crise pandêmica (2020-2021) e os graves reflexos da desigualdade social no país. No Distrito Federal, similar ao cenário nacional, adotou-se um ambiente virtual como o principal meio de estabelecer atividades pedagógicas durante a crise. Os desafios do ensino e da aprendizagem de Física na Educação Básica, amplificados nessa conjuntura, motivaram esta investigação translacional que se empenhou em examinar as concepções acerca de movimento e força de estudantes do 1º ano do Ensino Médio, tal como suas crenças de autoeficácia para o desempenho da disciplina Física. Quanto à obtenção dos dados, optou-se pelo design experimental (controlado, randomizado e duplo-cego) para aferir possíveis efeitos da intervenção pedagógica no nível destas concepções e crenças.

Um volume ainda tímido de referências bibliográficas tem tratado de construtos correlatos à motivação estudantil, especialmente no ensino de Física e na perspectiva social-cognitiva. Assim, o objetivo geral desta pesquisa foi investigar, de modo exploratório, crenças de autoeficácia de estudantes do Ensino Médio em Física.

Vasta literatura internacional vem demonstrando a proficuidade dos contributos da Teoria Social Cognitiva de Albert Bandura (1986, 2023), na qual as percepções de autoeficácia são centrais na explicação da agência (e, portanto, da motivação) humana. Muitas pesquisas têm confirmado o poder preditivo dessas crenças, e observado sua relação com: (a) o número de esforços depreendidos por alguém em uma tarefa específica; (b) a sua persistência e resiliência diante de adversidades; (c) o desempenho acadêmico; (d) as relações de estresse, ansiedade e depressão vivenciadas pelos indivíduos; (e) as escolhas ocupacionais/profissionais; e, até mesmo, (f) as escolhas metodológicas adotadas pelos docentes, dentre outras variáveis relacionadas (ou não) ao fazer educacional (Azzi y Polydoro, 2006).

Dessa perspectiva, duas medições foram realizadas, antes e após uma intervenção pedagógica, por meios dos instrumentos de Rocha y Ricardo (2019) e Han *et al.* (2015). A intervenção contida nos materiais pedagógicos (i.e., no conteúdo audiovisual dos vídeos explicativos e no acréscimo de feedbacks nas atividades de fixação) foi disponibilizada ao grupo denominado Experimental (durante quinze dias). Enquanto isso, o grupo que recebeu o material convencional (sem animações e feedback) foi nomeado de Controle. Esse design permitiu comparar os possíveis efeitos das propostas pedagógicas nos dois grupos e, também, avaliar a existência de relações entre as variáveis socioeconômicas e as crenças de autoeficácia na disciplina de Física.

Os valores baixos do coeficiente Alfa de Cronbach nos pré e pós-testes de Mecânica Newtoniana ($= 0,268$ e $= 0,067$) revelam a dificuldade de – mesmo utilizando um questionário curto, testado e validado – mensurar o nível de compreensão de uma teoria científica, demonstrando que isso não é uma tarefa trivial, sobretudo em conjunturas escolares tão desfavoráveis como a da presente pesquisa. Em outros termos, a baixa fiabilidade destes revela que boa parte das respostas a esses testes foram aleatórias – advindas ou não da leitura prévia do material – e, portanto, não foi possível mensurar seus níveis de compreensão e tampouco examinar correlações entre o desempenho e outras variáveis.

Nesse ponto, destaca-se o valoroso instrumento proposto por Rocha e Ricardo (2019) que, com pequenas adaptações (Ferreira *et al.*, 2023), possibilitou mensurar com confiança ($= 0,874$ e $= 0,812$) o nível das crenças de autoeficácia dos estudantes, mesmo em um contexto tão desafiador. Essas medidas foram utilizadas para avaliar possíveis impactos das sequências didáticas nas crenças de autoeficácia e, de modo exploratório, examinar correlações entre essas percepções e os recortes socioeconômicos dos estudantes. Na ótica da TSC, parte substancial do desenvolvimento humano decorre de transações agênticas, nas quais as pessoas são produtoras e produtos de seus ambientes e sistemas sociais (Pajares y Olaz, 2008). Desse modo, a busca por correlações entre as crenças e as características sociais e econômicas permite identificar tendências relevantes dentro das dinâmicas educacionais e, em particular, do ensino e da aprendizagem de Física desde a Educação Básica.

Os 170 estudantes que participaram das medições inicial ($57,2 \pm 13,7$ DP) e final ($57,4 \pm 13,2$ DP) apresentaram uma sutil elevação (0,2%) no nível das crenças de autoeficácia para o desempenho na disciplina de Física, diferença que não foi estatisticamente significativa ($p = 0,786$). Em um outro recorte, o Grupo Experimental apresentou um aumento de 0,5%, enquanto o Grupo Controle apresentou uma diminuição de 0,2%. Mesmo assim, essas diferenças não foram estatisticamente significativas ($p_{Tukey} = 0,945$ e $p_{Tukey} = 0,997$), adotando-se o grau de confiança de 95%. Dessa maneira, mais estudos são necessários para confirmar ou não os impactos do uso de vídeos como na intervenção pedagógica proposta no sistema de crenças e concepções teóricas dos estudantes.

De forma exploratória, foram realizadas diversas análises estatísticas para verificar a existência de correlações significativas entre os níveis de autoeficácia em relação à disciplina de Física e dez variáveis (independentes), duas relativas à abordagem e oito relativas a características socioeconômicas, respectivamente: 1) o Formato (virtual ou híbrido); 2) o Grupo (Experimental ou Controle); 3) o sexo; 4) a cor ou a raça; 5) a renda familiar; 6) se o estudante trabalha; 7) o grau de escolaridade do pai; 8) o grau de escolaridade da mãe; 9) a forma de acesso ao ambiente virtual; e 10) o número de aparelhos de acesso à internet disponíveis em casa. A partir da análise das 288 respostas iniciais, foram identificadas correlações (estatisticamente significativas) entre o nível das crenças de eficácia pessoal e quatro dessas variáveis:

- (1) formato ($F(2, 288) = 6,61$, $p = 0,011$, $\eta^2 = 0,023$);
- (3) sexo ($F(2, 288) = 3,71$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,050$);
- (5) renda familiar ($F(8, 288) = 6,46$, $p = 0,002$, $\eta^2 = 0,044$); e
- (7) escolaridade do pai ($F(5, 288) = 2,64$, $p = 0,034$, $\eta^2 = 0,036$).

As sete (7) turmas que participaram no formato híbrido tiveram em média um nível ($58,3 \pm 14,1$) cerca de 5% superior às sete (7) turmas no formato virtual ($54,2 \pm 10,8$). Isso foi corroborado pela fala de muitos estudantes que, durante as aulas, manifestaram menos insatisfações com o formato híbrido em comparação com o virtual. Portanto, o formato ou a estratégia pedagógica afetam os autojulgamentos dos estudantes, mas esse efeito parece ser menos intenso do que aqueles relacionados aos marcadores sociais e econômicos. Os estudantes que afirmaram ser do sexo masculino apresentaram um nível de autoeficácia ($59,5 \pm 12,7$) cerca de 6% superior ao das estudantes que declararam ser do sexo feminino ($54,1 \pm 12,4$). Com a combinação das variáveis independentes, também se observou que havia uma diferença de aproximadamente 12% quando comparadas às crenças das estudantes pretas com as dos estudantes brancos.

Também foi observado que estudantes provenientes de famílias que não possuem renda mensal ou que possuem renda mensal de até 1,5 salário-mínimo, apresentaram níveis inferiores em 15% e 12%, respectivamente, quando comparados a estudantes de famílias em que a renda familiar estava entre 10 e 15 salários mínimos. Ainda foram

encontradas diferenças significativas de 10% no nível das crenças entre estudantes que afirmaram não saber a formação acadêmica do pai ($53,8 \pm 12,3$) e aqueles que declararam que o pai possui formação em nível superior ($62,3 \pm 12,3$). Em relação a essas duas últimas variáveis, foram realizadas regressões logísticas que indicaram que, em alguma medida, o nível das crenças de autoeficácia em relação à performance em Física pode ser explicado pelas variáveis preditoras: renda familiar e grau de escolaridade do pai.

Uma das principais contribuições desta investigação foi a de examinar as propriedades psicométricas da escala de autoeficácia em Física proposta por Rocha e Ricardo (2019), mostrando que ela pode, com a adaptação de alguns itens, tornar-se um instrumento fortemente adequado e validado (Ferreira *et al.*, 2023). Além disso, a partir da validação e da análise desses dados, contribui-se ao evidenciar que o formato de ensino, o gênero, a cor ou a etnia, a renda familiar e o grau de escolaridade dos pais dos estudantes moderam as autopercepções dos estudantes, repercutindo diferentemente no ensino e na aprendizagem de Física, o que demanda uma profunda reflexão.

Por fim, cabe perguntar: partindo da compreensão de que as pessoas desenvolvem suas crenças a partir da interpretação de suas experiências de vida, por que as estudantes chegam ao Ensino Médio com percepções de autoeficácia inferiores às percepções de outros estudantes, especialmente, quando elas são negras e eles são brancos? Por que estudantes de famílias menos privilegiadas financeira e academicamente possuem piores percepções acerca das próprias capacidades para o desempenho em Física? Quais são as repercussões disso, principalmente quando esse sistema de crenças participa fulcralmente da motivação no contexto acadêmico e das escolhas vocacionais? O que pode ser feito pelos diversos atores sociais? Em particular, qual é o papel e os limites da ação docente em relação às crenças de autoeficácia?

Esta investigação espera contribuir com o campo, ainda tímido, que discute a função da motivação no ensino e na aprendizagem de Física, por meio da perspectiva social-cognitiva e do construto das crenças de autoeficácia (Bandura, 1977, 1986, 2023).

REFERÊNCIAS

- Araújo, I. M. (2022). *Ensino e aprendizagem de força mediados por tecnologias digitais: análise de autoeficácia em Física do Ensino Médio*. 356f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade de Brasília, UnB, Brasília.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New York: Holt Rinehart and Winston.
- Ausubel, D. P. (2012). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. New York: Springer Science & Business Media.
- Azzi, R. G., y Polydoro, S. A. J. (2006). *Auto-eficácia em diferentes contextos*. Campinas: Alínea.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological review*, 84(2), 191-215.
- Bandura, A. (1986). *National Institute of Mental Health. Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: the exercise of control*. New York: W. H. Freeman.
- Bandura, A. (2001). Social cognitive theory: an agentic perspective. *Annual review of psychology*, 52(1), 1-26.
- Bandura, A. (2008). A evolução da teoria social cognitiva. In *Teoria social cognitiva: Conceitos básicos*, pp. 15-41.
- Bandura, A. (2017). A crescente primazia da agência humana na adaptação e mudança na era eletrônica. In: Bandura, A. y Azzi, R. G. (Eds.). *Teoria social cognitiva: diversos enfoques*. Campinas: Mercado de Letras. pp. 83-128.
- Bandura, A. S. (2023). *Cognitive theory: an agentic perspective on human nature*. New York: John Wiley & Sons.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC.
- Campos, A. y Ricardo, E. C. (2014). A natureza da região celeste em Aristóteles. *Rev. Bras. Ens. Fís.*, 36, 4601.
- Chassot, A. (2003). Alfabetização científica: Uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, 22, 89-100.

- Colombo, I. M., Anjos, D. A. S, y Antunes, J. R. (2019). Pesquisa translacional em ensino: uma aproximação. *Educação Profissional e Tecnológica em Revista*, 3(1), 51-70.
- Eck, N., y Waltman, L. (2020). *VOSviewer Manual*. Leiden University's Centre.
- Espinosa, T., Selau, F., Araujo, I. S., y Veit, E. A. (2017). Medidas de autoeficácia discente e métodos ativos de ensino de física: um estudo de caso explanatório. *Revista de Enseñanza de La Física*, 29(2), 7-20.
- Ferreira, M., y Silva Filho, O. L. (2019). Proposta de Plano de Aula para o Ensino de Física. *Physicae Organum*, 5(1), 39-44
- Ferreira, M., Silva Filho, O. L., Moreira, M. A., Franz, G., Portugal, K. O., y Nogueira, D. X. P. (2020). Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones. *Rev. Bras. Ens. Fís.*, 42, e20200057.
- Ferreira, M., Couto, R. V. L., Silva Filho, O. L., Marinho, L. P., y Monteiro, F. F. (2021). Ensino de astronomia: uma abordagem didática a partir da Teoria da Relatividade Geral. *Rev. Bras. Ens. Fís.*, 43, p. 1-13.
- Ferreira, M., Silva Filho, O. L., Nascimento, A. B. X., y Strapasson, A. (2023). Time and cognitive development: From Vygotsky's thinking to different notions of disability in the school environment. *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1), 1-9.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74
- Hall, C. S., Lindzey, G., y Campbell, J. B. (2000). *Teorias da personalidade*. Porto Alegre: Artmed.
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53 (11), pp. 1043-1055.
- Han, J., et al. (2015). Dividing the Force Concept Inventory into two equivalent half-length tests. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 11 (1), 010112.
- Han, J., et al. (2016). Experimental validation of the half-length Force Concept Inventory. *Physical Review Physics Education Research*, 12 (2), 020122.
- Hestenes, D., y Halloun, I. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory: A response to March 1995 critique by Huffman and Heller. *Physics Teacher*, 33 (8), pp. 502-504.
- Mariano, A. M., y Rocha, M. S. (2017). Revisão da literatura: Apresentação de uma abordagem integradora. In *AEDEM International Conference*, pp. 427-442. Reggio Calabria, Itália.
- Matthiensen, A. (2011). Uso do coeficiente Alfa de Cronbach em avaliações por questionários. Boa Vista-RR: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE).
- Multon, K. D., Brown, S. D., y Lent, R. W. (1991). Relation of self-efficacy beliefs to academic outcomes: A meta-analytic investigation. *Journal of Counseling Psychology*, 38 (1), PP. 30-38.
- Newton, I. (2008). Principia mathematica (1687). *Trans. Andrew Motte*. On line: <http://gravitee.tripod.com/lgenschol.htm>.
- Novak, J. D., y Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pajares, F., y Olaz, F. (2008). Teoria social cognitiva e auto-eficácia: Uma visão geral. In: Pajares, F., y Olaz, F. (Eds.). *Teoria social cognitiva: conceitos básicos*. Porto Alegre: Artmed. pp. 86-92
- Piaget, J. (1986). O nascimento da inteligência na criança. *Mental*, 258(1), 259.
- Polito, A. M. M. (2016). *A construção da estrutura conceitual da física clássica*. Editora Livraria da Física.
- Rocha, D. M., y Ricardo, E. C. (2016). As crenças de autoeficácia e o ensino de Física Moderna e Contemporânea. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 33 (1), 223-252.

Rocha, D. M., y Ricardo, E. C. (2019). As crenças de autoeficácia e o desempenho escolar dos estudantes de Física: Construção e validação de um instrumento de análise. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31(1), 37-54.

Rodrigues, L. C., y Barrera, S. D. (2007). Auto-eficácia e desempenho escolar em alunos do Ensino Fundamental. *Psicologia em Pesquisa*, 1(2), 41-53

Schunk, D. H. (1991). Self-efficacy and academic motivation. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 207-231.

Souza, L. F. I. (2007). *Auto-regulação da aprendizagem e a Matemática escolar*. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Unicamp, Campinas.

Zimmerman, B. J. (2000). Self-efficacy: An essential motive to learn. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 82-91.