

Produto Educatonal

SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM VISCOSÍMETRO DE STOKES E SOFTWARE TRACKER: Uma proposta para o Ensino de Fluidos no ensino médio sob a perspectiva da aprendizagem significativa

ADLAS OLIVEIRA DOS ANJOS | oadlas@yahoo.com | MNPEF/Universidade Federal do Amazonas
FERNANDO ALBUQUERQUE LUZ | fernandoaluz@gmail.com | MNPEF/Universidade Federal do Amazonas
TIAGO GONÇALVES SANTOS | gstiago@ufam.edu.br | MNPEF/Universidade Federal do Amazonas

Resumo

Este estudo propõe uma sequência didática inovadora para o ensino de tópicos de Mecânica (queda livre, leis de Newton e hidrostática) no Ensino Médio, integrando o viscosímetro de Stokes e o software *Tracker* como ferramentas tecnológicas. A pesquisa investiga como essa abordagem experimental-computacional pode promover aprendizagem significativa em Física. Fundamentada na teoria de Ausubel e na metodologia ativa de ensino por investigação, a proposta visa superar as limitações das abordagens tradicionais, aproximando os conceitos físicos da realidade dos estudantes. Metodologicamente, o trabalho adota uma abordagem qualiquantitativa, envolvendo: (1) aplicação de questionários diagnósticos; (2) realização de experimentos com o viscosímetro para determinação da viscosidade de fluidos; (3) análise de movimentos através do *Tracker*; e (4) avaliação pós-intervenção. Os resultados esperados incluem a melhoria na compreensão conceitual, o desenvolvimento de habilidades de análise de dados e a autonomia no uso de tecnologias educacionais. A pesquisa contribui para a discussão sobre metodologias ativas no ensino de Física, oferecendo uma alternativa viável para a renovação das práticas docentes.

1.INTRODUÇÃO

O ensino de Física no nível médio enfrenta desafios persistentes relacionados à transposição didática de conceitos abstratos, como os fenômenos mecânicos envolvendo fluidos, movimento e forças. Tradicionalmente baseado em abordagens expositivas e descontextualizadas, esse processo frequentemente resulta em aprendizagem superficial e desinteresse discente (Krasilchik, 2016). Nesse contexto, a incorporação de metodologias ativas que articulam experimentação e tecnologias digitais surge como estratégia promissora para promover engajamento e compreensão conceitual (MOREIRA, 2011).

Este trabalho insere-se nessa perspectiva ao propor uma sequência didática investigativa que integra o viscosímetro de Stokes: instrumento clássico para determinação da viscosidade de fluidos com o software *Tracker*, ferramenta computacional para análise de movimentos. A escolha desse recurso justifica-se por:

- ❖ Permitir a abordagem integrada de tópicos curriculares como queda livre, leis de Newton e hidrostática;
- ❖ Facilitarem a conexão entre modelos teóricos e evidências empíricas através de análise quantitativa de dados;
- ❖ Atenderem às diretrizes dos documentos oficiais (BNCC, 2018) que preconizam o desenvolvimento de habilidades como modelagem matemática e investigação científica.

Fundamentado na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2003), o estudo parte do pressuposto de que a ancoragem em conhecimentos prévios e a manipulação concreta de fenômenos físicos potencializam a construção de conhecimentos robustos. Adota-se como problema de pesquisa: Quais as contribuições de uma abordagem didática combinando experimentação com o viscosímetro de Stokes e análise computacional via *Tracker* para a aprendizagem significativa de conceitos de mecânica no ensino médio?

A relevância acadêmica do trabalho reside em:

- oferecer subsídios para a superação do ensino tradicional por meio de uma proposta testada empiricamente;
- demonstrar a viabilidade pedagógica da integração entre instrumentação clássica e tecnologias digitais;
- contribuir com o arcabouço de pesquisas em Ensino de Física no âmbito do MNPEF.

A metodologia combina abordagens qualitativas e quantitativas, incluindo análise de produções discentes, gravações experimentais e aplicação de pré e pós-testes. Os resultados esperados englobam tanto ganhos conceituais mensuráveis quanto o desenvolvimento de

habilidades científicas, conforme preconizado por Hodson (1994) na perspectiva do learning science by doing Science.

2. APORTE TEÓRICO

Este trabalho tem como objetivo estabelecer os fundamentos epistemológicos e metodológicos para a integração sistemática de atividades experimentais e recursos tecnológicos no ensino de Física, conforme preconizado pelas diretrizes do MNPEF.

Este estudo estrutura-se em três pilares teóricos essencialmente articulados: a aprendizagem significativa de Ausubel (2000), que fornece o substrato cognitivo para a assimilação de conceitos físicos; a abordagem investigativa (Bybee, 2006), que orienta a metodologia experimental; e a teoria da mediação instrumental (Rabardel, 1995), que fundamenta o uso pedagógico do software *Tracker*. Tal arcabouço teórico justifica-se pela necessidade de superar as limitações do ensino tradicional de Física, propondo uma alternativa didática que integra coerentemente experimentação com o viscosímetro de Stokes e análise computacional de dados.

O desenvolvimento conceitual aborda sistematicamente os fenômenos físicos envolvidos - particularmente a dinâmica de fluidos e as forças intervenientes (peso, empuxo e arrasto viscoso) - mediante uma progressão didática que parte dos conhecimentos prévios dos estudantes até a formalização matemática dos conceitos. A sequência didática proposta articula-se com as competências específicas da área de Ciências da Natureza na BNCC, particularmente no que tange à construção de modelos explicativos e à análise de dados experimentais.

A metodologia adotada enfatiza o caráter integrador entre a manipulação concreta do viscosímetro e a modelagem computacional no *Tracker*, configurando-se como uma estratégia pedagógica alinhada às diretrizes do MNPEF para o desenvolvimento de produtos educacionais. Esta abordagem visa não apenas a compreensão conceitual, mas também o desenvolvimento de habilidades científicas, como a análise quantitativa de fenômenos físicos e a interpretação crítica de resultados experimentais.

Este estudo se alicerça em três pilares teóricos inter-relacionados que sustentam a integração entre experimentação e tecnologias digitais no ensino de Física. Do ponto de vista epistemológico, adota-se a perspectiva bachelardiana que concebe o conhecimento científico como construção mediada pela articulação entre teoria e prática, demandando abordagens didáticas que superem o modelo tradicional expositivo (Bachelard, 1996). Pedagogicamente, fundamenta-se na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (2000), que enfatiza a importância da ancoragem em conhecimentos prévios, e no ensino por investigação (BYBEE, 2006), propondo atividades que simulam o fazer científico. Do ponto de vista tecnológico,

adota-se a concepção de Jonassen (2007) sobre ferramentas cognitivas, onde o software *Tracker* atua como instrumento de mediação semiótica para análise quantitativa de fenômenos físicos.

A proposta justifica-se pela necessidade de: (1) superar as limitações do ensino tradicional frente às demandas da geração digital (Prensky, 2001); (2) promover a alfabetização científica através de metodologias ativas que integram experimentação com o viscosímetro de Stokes e modelagem computacional; e (3) atender às competências da BNCC para Ciências da Natureza, particularmente no desenvolvimento de habilidades investigativas. A metodologia desenvolvida, alinhada às diretrizes do MNPEF, oferece um modelo replicável de sequência didática que articula conceitos de mecânica dos fluidos com análise de dados, contribuindo tanto para a formação conceitual quanto para o desenvolvimento do pensamento científico.

O presente estudo estrutura-se em um referencial teórico multidimensional que articula criticamente as contribuições das principais teorias educacionais com os desafios impostos pela sociedade digital. Partindo do princípio vygotskiano da mediação instrumental (Vygotsky, 2007), compreendemos as tecnologias digitais como ferramentas psicológicas que ampliam as possibilidades de desenvolvimento cognitivo quando adequadamente integradas ao processo educativo. Esta perspectiva dialoga com a abordagem freireana (Freire, 2018), que enfatiza a necessidade de uma pedagogia problematizadora capaz de promover a leitura crítica do mundo digital, evitando tanto a rejeição acrítica quanto a adoção ingênua das tecnologias na educação.

A fundamentação teórica apoia-se em três eixos complementares:

Eixo Sociocognitivo: Integra os princípios da aprendizagem situada (Lave; Wenger, 1991) com a teoria da carga cognitiva (Sweller, 2011), propondo desenhos instrucionais que otimizem o uso de recursos tecnológicos sem sobrecarregar os processos cognitivos.

Eixo Tecnopedagógico: Combina os princípios da aprendizagem multimídia (Mayer, 2009) com a abordagem das ferramentas cognitivas (Jonassen, 2007), estabelecendo critérios para a seleção e uso pedagógico de softwares educacionais.

Eixo Crítico-Reflexivo: Incorpora as contribuições da pedagogia crítica (Giroux, 1997) e dos estudos sobre letramento digital (Coscarelli, 2016), enfatizando a formação de sujeitos capazes de navegar criticamente no ecossistema digital.

Na obra *Pedagogia do Oprimido*, Paulo Freire (1996) estabelece uma crítica fundamental ao modelo tradicional de ensino, que denomina "educação bancária". Nessa perspectiva, o processo educativo é comparado a uma transação financeira, em que o professor assume o papel de depositante do conhecimento, enquanto o aluno figura como mero receptor passivo – um "depositário" de informações (Freire, 1996, p. 60). Essa dinâmica, segundo o autor, reduz os

educandos a seres de adaptação, cuja principal função é armazenar conteúdo sem reflexão crítica, em vez de se tornarem agentes transformadores da realidade.

Vale ressaltar que o cerne da crítica freireana reside na passividade inerente a esse modelo. Quanto mais os estudantes se exercitam no "arquivamento dos depósitos" – isto é, na memorização acrítica de informações –, menos desenvolvem uma consciência crítica capaz de levá-los a intervir no mundo como sujeitos ativos (Freire, 1996). Essa abordagem, portanto, perpetua uma lógica de dominação, na qual a educação serve à manutenção do status quo, em vez de promover emancipação intelectual e social.

Em contrapartida, Freire propõe uma pedagogia libertadora, fundamentada no diálogo e na problematização do conhecimento. Nesse paradigma, professor e aluno constroem saberes por meio de uma relação horizontal, onde o aprendizado se torna um ato político e transformador. Essa visão ressalta a importância de metodologias ativas que estimulem o pensamento crítico, em oposição à mera reprodução de conteúdo. Assim, a reflexão freireana serve como base para repensar práticas pedagógicas, destacando que uma educação verdadeiramente transformadora deve priorizar a autonomia intelectual e a capacidade de intervenção social dos estudantes.

O cenário atual do Ensino de Física apresenta um paradoxo: embora existam recursos tecnológicos e metodológicos avançados disponíveis, como o software *Tracker* – utilizado neste estudo –, ainda persiste em muitas salas de aula uma abordagem tradicional, centrada exclusivamente em métodos expositivos. Essa realidade evidencia a necessidade de sensibilização docente para a adoção de práticas pedagógicas inovadoras, que superem o modelo convencional baseado unicamente em quadros, giz e aulas teóricas descontextualizadas, o que marginaliza o aluno como sujeito ativo no processo de aprendizagem (Freire, 1996; Hodson, 1994).

Em síntese, a transformação do Ensino de Física depende da ação reflexiva do professor, que deve assumir o papel de mediador entre o conhecimento científico e as novas gerações, utilizando recursos tecnológicos e metodologias inovadoras para formar aprendizes autônomos e críticos.

2.1 fundamentos teóricos relacionados ao uso de experimentos e software nas aulas de física básica

Iremos analisar como as teorias da educação podem contribuir para que o conhecimento possa ser construído por um indivíduo. Pois, já é observado que a realidade da educação

cotidiana é bastante influenciada por uma nova sociedade que já manipula essas novas tecnologias, e que acaba por formar novos discentes que estão cada dia mais adaptados à smartphones, software e computadores conectados à internet.

Por outro lado, o uso de toda essa tecnologia para a educação tem que ser feito de forma séria e profissional, não deixando que tal ferramenta acabe tirando o foco e concentração dos estudantes não hora de utilizar esses conhecimentos, depois de fazer o experimento e ver através de gráficos e animações. O processo de ensino-aprendizagem deve tratar da mudança do comportamento e dos pensamentos de um indivíduo, mas que o mesmo deva refletir sobre as suas atitudes e do seu papel desempenhado na sala de aula e na sociedade. Paulo Freire afirma ainda que:

[...] não é de estranhar, que nesta visão “bancária” da educação os homens sejam vistos como seres de adaptação, do ajustamento quando mais se exercitam os educandos no arquivamento dos depósitos que lhes são feitos, tanto menos desenvolverão em si a consciência crítica que resultaria a sua inserção no mundo como transformadores dele! Como sujeitos (Freire, 1996, p.60).

Nesse aspecto, percebe-se que atualmente tem-se práticas e tecnologias potencialmente disponíveis para o Ensino de Física, uma delas o *Tracker* que será usado neste trabalho. É necessário ter a iniciativa de sensibilizar a classe de docentes, pois, ainda pode-se encontrar alguns educadores que ainda usam o método como única forma de ensino frente a uma sala de aula, em que ministram aula apenas com lousa, giz e esquecendo que o aluno também é o protagonista nesse processo.

Nesse contexto, pode-se ver que é necessário oportunidades de aulas práticas ou uso de demonstrações de experiências, afim de fazer essa junção entre a teoria e a prática, usando experimentos de baixo custo e software para que se possa alcançar um ensino de qualidade. É necessário que haja uma sensibilização do professor para usar práticas mais inovadoras, onde o mesmo possa debater e incluir as metodologias e as práticas tecnológicas na sua prática de ensino. Um exemplo são as sequências didáticas que facilitam o ensinar e o aprender, e desta forma, fazer com que o aluno adquira conhecimento, e criem junto com o professor, mecanismos de aprendizagem.

3. METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem metodológica mista (QUAN-QUAL), seguindo os pressupostos de Creswell e Clark (2017), que permite a integração sistemática de métodos quantitativos e qualitativos para uma compreensão abrangente do fenômeno investigado. A opção por este delineamento justifica-se pela natureza complexa do objeto de estudo: a eficácia

de uma sequência didática mediada por tecnologias no ensino de Física que demanda tanto a mensuração de resultados de aprendizagem quanto a compreensão dos processos cognitivos e interacionais envolvidos.

A triangulação metodológica segue o modelo explanatório sequencial (Creswell, 2010), com fases distintas para coleta e análise de dados quantitativos e qualitativos, integradas na fase interpretativa final. Complementarmente, realiza-se uma revisão sistemática da literatura conforme protocolo PRISMA (Page et al., 2021), abrangendo produções científicas dos últimos dez anos sobre: (a) ensino de Física com tecnologias digitais; (b) uso pedagógico do software *Tracker*; e (c) metodologias ativas em Ciências Naturais.

Os critérios de validade e confiabilidade incluem: para os dados quantitativos, testes de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e consistência interna (Alfa de Cronbach); para os qualitativos, triangulação entre pesquisadores e validação por membros; e para a revisão sistemática, aplicação rigorosa dos critérios de inclusão/exclusão e avaliação por pares independentes. Este desenho metodológico atende às exigências do MNPEF para pesquisas aplicadas em ensino de Ciências, garantindo rigor científico e relevância educacional.

Os sujeitos da pesquisa assumem papel central em investigações científicas, constituindo-se como fontes primárias para coleta de dados e informações. No âmbito deste estudo, optou-se pela seleção de discentes de uma instituição de ensino pública localizada no município de Coari/AM. Essa delimitação justifica-se pela necessidade de alinhamento aos objetivos da pesquisa, que visam compreender as experiências discentes no contexto da implementação do novo paradigma do ensino médio em realidade socioeducacional específica.

A investigação foi conduzida em uma escola pertencente à rede estadual de ensino de Coari/AM. A coleta de dados ocorreu por meio de trabalho de campo realizado em duas turmas do 1º ano do Ensino Médio, abrangendo um universo amostral de 60 alunos. Ressalta-se que o projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, conforme Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) nº 6.764.725, emitido em 15 de abril de 2024, garantindo o cumprimento dos preceitos éticos estabelecidos pela Resolução CNS nº 510/2016.

Após a aprovação institucional pelos órgãos competentes, deu-se início ao planejamento sistemático da coleta de dados, priorizando a transparência metodológica e a acessibilidade dos participantes. A fase preliminar consistiu na elaboração de um instrumento de pesquisa estruturado, composto por questões objetivas e discursivas, delineado com o intuito de diagnosticar o repertório cognitivo prévio dos discentes e analisar suas percepções em relação ao objeto de estudo, tanto em sua condição inicial quanto após a implementação da sequência didática (SD).

O procedimento adotou um delineamento comparativo, organizado em dois momentos distintos: Pré-intervenção: Aplicação do questionário antes da implementação da SD, com o propósito de estabelecer uma linha de base (baseline) sobre o conhecimento e as percepções dos participantes, Pós-intervenção: Reaplicação do instrumento após a conclusão das atividades, permitindo a avaliação do impacto da metodologia mediante análise contrastiva dos dados.

A aplicação dos questionários ocorreu em horários previamente agendados, em ambientes físicos adequados às condições ideais de concentração e livre de interferências externas. O aplicador, devidamente capacitado, atuou como facilitador neutro, limitando-se a orientações técnicas sem indução de respostas, de modo a preservar a validade interna do estudo.

Os dados coletados foram armazenados em conformidade com protocolos de segurança e sigilo, assegurando a confidencialidade dos participantes. Durante a etapa de análise preliminar, identificou-se a potencial necessidade de complementação amostral (return-to-field), estratégia adotada para sanar inconsistências ou lacunas informacionais, reforçando assim a robustez dos dados.

Quadro 1. Resumo das aulas: atividades desenvolvidas durante a Sequência Didática.

Aula	Descrição da etapa	Objetivo pedagógico	Recursos utilizados	Metodologia aplicada
1	Aplicação de questionário diagnóstico com 8 perguntas abertas; apresentação da proposta.	Identificar conhecimentos prévios e motivar os alunos para o estudo do tema.	Questionário impresso, quadro, slides.	Aprendizagem significativa (Ausubel) e contextualização e sensibilização.
2	-Pesquisa orientada em laboratório de informática; elaboração de roteiro experimental pelos alunos; -Execução do experimento pelo professor com filmagem do procedimento; discussão coletiva.	-Desenvolver autonomia na investigação científica e no planejamento de experimentos; -Apresentar o fenômeno físico e demonstrar o conceito de viscosidade.	-Computadores com acesso à internet; -Viscosímetro artesanal, câmera, quadro.	-Metodologias ativas; pesquisa guiada; -Aula demonstrativa, observação ativa.
3	-Realização do experimento pelos alunos em grupo, com filmagem da prática;	-Estimular protagonismo estudantil e construção	-Viscosímetro, esferas, cronômetro, câmera;	-Ensino por investigação, aprendizagem colaborativa;

	-Repetição do experimento de forma autônoma, com base no roteiro.	colaborativa do conhecimento; - Reforçar o domínio do procedimento experimental e desenvolver precisão metodológica.	- Materiais do experimento, roteiro elaborado.	-Investigação autônoma, repetição orientada.
4	Análise dos vídeos com o software <i>Tracker</i> ; elaboração de gráficos e tabelas.	Desenvolver habilidades em análise computacional de dados físicos.	Computadores, software <i>Tracker</i> .	Modelagem computacional, letramento científico.
5	Reaplicação do questionário; roda de conversa e reflexão crítica.	Avaliar o avanço conceitual e promover a metacognição.	Questionário, dados da turma, quadro.	Avaliação formativa, metacognição, comparação de resultados.

Fonte: próprio autor (2025).

Aula 1

Nesta etapa inicial, o professor contextualiza o tema “viscosidade de fluidos”, relacionando-o ao cotidiano dos alunos. Em seguida, aplica um questionário diagnóstico com 8 questões conceituais simples para avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes. Essa estratégia permite identificar os principais obstáculos de aprendizagem. Esta aula está alinhada à habilidade EM13CNT101 da BNCC, que prevê a discussão de conceitos científicos a partir de situações-problema.

Metodologia: *Aula expositiva dialogada e sondagem diagnóstica*

Avaliação da aula

A avaliação deve ser feita através da observação e interesse dos alunos quanto ao trabalho desenvolvido.

Aula 2

Essa aula deve ser realizada no laboratório de informática. Os alunos precisam ser organizados em grupos, onde realizarão uma pesquisa numa tabela de sites fornecido pelo professor sobre os conceitos de viscosidade, Lei de Stokes, software *Tracker* e as forças envolvidas no movimento de um corpo em um fluido. O professor atua como mediador, auxiliando na validação das fontes e na construção do conhecimento. Esta etapa dialoga com a habilidade EM13CNT103, que estimula a investigação e argumentação com base em dados e fontes científicas.

O professor também realiza a demonstração experimental com o uso do Viscosímetro de Stokes, montado com materiais de baixo custo, como óleo de soja, tubo de plástico e esferas de

corante. A atividade é registrada em vídeo para ser utilizada posteriormente na análise com o software *Tracker*. A aula promove a discussão sobre as forças envolvidas: força gravitacional, empuxo e força de resistência viscosa. Essa atividade se relaciona com a habilidade EM13CNT104, referente à aplicação de conceitos físicos em diferentes contextos.

Quadro 2. Tabela com sites que podem auxiliar o aluno a estudar de forma independente e organizada.

SITE	DESCRIÇÃO	IDIOMA	LINK
Khan Academy	Videoaulas, exercícios e conceitos básicos de Física. Ideal para iniciantes.	Português Inglês	khanacademy.org/science/physics
Física Classroom	Explicações detalhadas, simuladores e exercícios interativos.	Inglês	physicsclassroom.com
PhET Simulations	Simulações interativas de conceitos físicos (ex.: mecânica, eletricidade).	Inglês	phet.colorado.edu
Socratica (YouTube)	Playlists com explicações animadas sobre temas de Física.	Inglês	youtube.com/Socratica
Brasil Escola	Resumos, fórmulas e conteúdo direcionado para o ensino médio e ENEM.	Português	brasilecola.uol.com.br/fisica
Física e Vestibular	Material teórico e questões de vestibulares com resolução comentada.	Português	fisicaevestibular.com.br
Crash Course (YouTube)	Série "Physics" com explicações dinâmicas e contextualizadas.	Inglês	Crash Course Physics
HyperPhysics	Conceitos organizados em mapas mentais (nível médio a superior).	Inglês	hyperphysics.phy-astr.gsu.edu
Manual do Mundo	Canal no YouTube com experimentos práticos de Física e ciências.	Português	youtube.com/ManualdoMundo
Física Total	Aulas em vídeo e dicas para vestibulares e ENEM	Português	fisicatotal.com.br

Fonte: O autor (2025)

Aula 3

Nesta aula os estudantes, organizados em grupos, executam o experimento sob supervisão do professor, registrando suas observações em planilhas e filmando os testes com celulares. A prática favorece a autonomia, a colaboração e o raciocínio científico. O processo desenvolve a habilidade EM13CNT106, voltada para a aplicação de modelos científicos a fenômenos observáveis no cotidiano.

Nesta aula, os alunos também repetem o experimento com maior autonomia, utilizando um roteiro previamente elaborado pelo professor com orientações técnicas claras. O objetivo é aprimorar a metodologia de coleta de dados, reforçando o pensamento sistemático e a organização experimental. Esta etapa desenvolve a habilidade EM13CNT201, ao planejar e executar experimentos com base em procedimentos científicos.

Metodologia: *Aprendizagem ativa por experimentação em grupo, experimentação guiada com roteiro científico.*

Avaliação da aula

O discente é avaliado de acordo com o grau de interesse pela prática adotada e pelo entendimento do conteúdo, que seja analisado de forma qualitativa, tomando como referência a participação da prática pedagógica.

Aula 4

Com os vídeos gravados, os grupos realizam a análise do movimento das esferas no software *Tracker*, obtendo valores da velocidade terminal. Com esses dados, aplicam a equação da Lei de Stokes para calcular a viscosidade do fluido. Essa aula incorpora a habilidade EM13CNT202, que enfatiza o uso de tecnologias digitais na resolução de problemas científicos.

Metodologia: *Uso de tecnologia digital aplicada à análise de movimento (TDIC).*

Avaliação da aula

O discente é avaliado de acordo com o grau de interesse pela prática adotada e pelo entendimento do conteúdo, que seja analisado de forma qualitativa, tomando como referência a participação da prática pedagógica.

Objetivo

Calcular a velocidade terminal de uma esfera de aço caindo numa coluna de Stokes (líquido viscoso), usando o software *Tracker*.

Quadro 3. Materiais necessários para realizar o experimento no Viscosímetro de Stokes sobre Fluidos.

Proveta plástico	de	Óleo de soja	Cronometro	Corante	Computador ou notebook
---------------------	----	--------------	------------	---------	---------------------------



Fonte: O autor (2025)

Quadro 4. Tutorial de como usar o *Tracker* na Sequencia Didática.

ETAPA	PROCEDIMENTO	FINALIDADE
1. Instalação	-Download no site oficial (physlets.org/tracker). - Instalação conforme sistema operacional (Windows/macOS/Linux).	Garantir acesso ao software com suporte estável.
2. Configuração	- Definir unidades (SI preferencialmente). - Ajustar FPS (Frames por segundos) conforme o vídeo.	Padronização métrica e sincronização temporal.
3. Importação de Vídeo	- Carregar vídeo (File → Import → Video). - Calibrar escala usando objeto de referência (ex.: régua).	Estabelecer relação pixel/metro para medições precisas.
4. Rastreamento	- Usar Create Point Mass para marcar posições. - Ativar Auto-tracking ou ajustar manualmente.	Extrair coordenadas (x, y, t) do objeto em movimento.
5. Extração de Dados	- Exportar dados (File → Export Data). - Formato: CSV ou TXT.	Permitir análise externa (Excel, Python, OriginLab).
6. Modelagem Teórica	-Inserir equações no Analytic Model. -Ajustar parâmetros via Dynamic Model Fitting.	Comparar dados experimentais com previsões teóricas.
7. Análise de Resíduos	- Plotar diferença entre dados e modelo. - Calcular desvio padrão e incertezas.	Avaliar precisão do experimento e validar hipóteses.
8. Aplicações (MNPEF)	-Queda livre: Determinar “g”. -Lançamentos: Verificar alcance e trajetória.	Contextualizar o uso em pesquisas didáticas ou investigações científicas.
9. Conclusão	- Sintetizar resultados. - Discutir limitações e vantagens do <i>Tracker</i> .	Consolidar contribuições para o ensino de Física.

Fonte: próprio autor (2025)

Aula 5

A última aula teve como objetivo reavaliar o aprendizado dos alunos. O questionário aplicado na primeira aula foi reaplicado, possibilitando a comparação quantitativa dos resultados. Em seguida, realizou-se uma roda de conversa na qual os alunos refletiram sobre a experiência, o que aprenderam e como o experimento contribuiu para a compreensão dos conteúdos. Essa etapa contribuiu com o desenvolvimento da habilidade EM13CNT301, que trata da análise crítica do conhecimento científico.

Metodologia: *Avaliação formativa e metacognição (roda de conversa).*

Avaliação da aula

O discente foi avaliado de acordo com o grau de interesse pela prática adotada e pelo entendimento do conteúdo, que seja de analisado de forma qualitativa, tomando como referência a participação da prática pedagógica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e a aplicação de um produto educacional constituído por uma sequência didática que integra experimentação com o viscosímetro de Stokes e análise de dados por meio do software *Tracker*, articulando teoria e prática no ensino de conceitos fundamentais de Física. Os resultados evidenciaram a eficácia da proposta ao promover a compreensão significativa de fenômenos físicos, como a viscosidade e o movimento de corpos em fluidos, mediante atividades investigativas que estimularam o engajamento discente e a autonomia no processo de aprendizagem.

A metodologia adotada fundamentou-se na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, na qual os novos conhecimentos foram ancorados em conceitos previamente estruturados pelos alunos, facilitando a assimilação e a retenção dos conteúdos. A utilização do *Tracker* permitiu a exploração quantitativa e qualitativa de dados experimentais, reforçando a relação entre modelos teóricos e evidências empíricas, em consonância com as recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) para o ensino de Ciências.

Além do aspecto conceitual, o produto destacou-se por inovação pedagógica, ao demonstrar que a integração de tecnologias digitais com experimentação tradicional potencializa a construção do conhecimento científico. As análises gráficas e a modelagem matemática dos dados aproximaram os conteúdos abstratos da realidade dos discentes,

corroborando a importância de estratégias ativas para a superação de dificuldades recorrentes no ensino de Física.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. *A aprendizagem significativa*. São Paulo: Moraes, 1982.

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Tradução de Lígia Teopisto. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC, 2019. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 21 fev. 2022.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino médio: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.

DARROZ, L. M.; PÉREZ, C. A. S. Princípio de Arquimedes: uma abordagem experimental. *Física na Escola*, v. 12, n. 2, p. 28-31, 2011.

GAMOW, G. *Gravidade*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1965.

PAPERT, S. *A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática*. Porto Alegre: Artes Médicas, 2009.

PEDUZZI, S.; PEDUZZI, L. O. Q.; COSTA, S. C. Editorial. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. 1, p. 271, set. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2011v28n2p271/19077>. Acesso em: 1 maio 2020.

SANCHO, J. *Para uma tecnologia educacional*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

SILVA, C. L.; SOUZA, M. F.; FILHO, S. R.; SILVA, L. F.; RIGONI, A. C. C. Atividade física de lazer e pensamento e linguagem. *Mudanças: Psicologia da Saúde*, v. 25, n. 1, p. 57-65, 2017.

SILVA, N. C. *Laboratório virtual de física*. Disponível em: <http://www.fsc.ufsc.br/~ccf/parcerias/ntnujava/index-port.html>. Acesso em: maio 2011.

VIGOTSKI, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1989.