



# Princípios de Design Sobre o uso do Facebook Como Mediação Para Discutir Temas de Física na Escola

Raul dos Santos Neto  • Susan McKenney  • Miriam Struchiner 

## Resumo

Este artigo é uma Pesquisa em Design Educacional (PDE), cujo compromisso é desenvolver contribuições teóricas e soluções práticas, simultaneamente, em contextos reais, em conjunto com as partes interessadas. Por isso, buscou-se estudar alternativas, com o uso das TDIC, para problemas sobre o ensino de física, no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID). O objetivo deste trabalho envolveu a análise de uma intervenção e construção de princípios de Design sobre a aprendizagem do tema da relatividade do tempo, na Física de Einstein, com o uso do Facebook como suporte para mediar as discussões. Para tal, usamos as quatro fases do processo de desenvolvimento de intervenções com o uso das TDIC apontadas por Reeves (2000) dentro do escopo do referencial da PDE. Os resultados mostram que houve desenvolvimento da equipe, ao observarmos as decisões que foram necessárias ao longo do processo. Observou-se que, para atingir uma meta sob um conjunto de restrições, houve a necessidade de desenvolver um entendimento sobre as próprias metas e restrições para as quais está se projetando, além de observar melhor os recursos disponíveis para a construção de um design. Identificamos um desenvolvimento em duas categorias: Habilidade para contornar as dificuldades, em vez de desistir; e capacidade de reavaliar a influência do contexto do design. Por fim, construiu-se seis princípios que podem orientar novas atividades em contextos similares.

**Palavras-chave** ENSINO DE FÍSICA • PRÍNCIPIOS DE DESIGN • FACEBOOK

## Design Principles About the use of Facebook to Mediate Discussions on Physics Topics in High School

### Abstract

This paper is part of an Educational Design Research (EDR) project, whose goal is to concurrently generate theoretical insights and real-world applications while working with stakeholders. Therefore, within the framework of the Institutional Program of Scholarships for Initiation to Teaching (PIBID), we sought to investigate alternatives for physics teaching problems using information and communications technology (ICT). The objective of this work was to analyze intervention and design principles on the learning of the theme of time relativity in Einstein's Physics, with the use of Facebook as support to mediate the discussions. Thus, we applied the four steps of the intervention development process identified by Reeves (2000) within the scope of the EDR. The results show that the team evolved as we observed the decisions that were required throughout the process. It was discovered that in order to achieve a goal within a set of restrictions, it was necessary to acquire an awareness of the objectives and constraints for which it is projecting itself, as well as better observe the resources available for the development of a design. We classified development into two categories: the ability to overcome obstacles rather than give up; and the ability to rethink the impact of the design. Finally, six principles were developed that might be used to lead future operations in similar situations.

**Keywords** TEACHING PHYSICS • DESIGN PRINCIPLES • FACEBOOK

## Introdução

Pode-se afirmar que o acesso à informação, as novas tecnologias estão mudando nossa forma de se relacionar, comunicar, trabalhar, fazer comércio e até de ensinar e aprender (Coll & Monereo, 2010). Com isso, torna-se necessário que o professor do século XXI busque novas formas de interação e orientação de seus alunos, principalmente quando observamos problemas trazidos pela pandemia da COVID-19, onde todos precisaram se adaptar rapidamente à nova realidade e ainda lidar com os outros problemas já identificados na literatura sobre o ensino de Física (Gaspar, 2004; Moreira, 2018; Rosa & Rosa, 2004, 2007 e 2012).

Assim, este trabalho procura dar alternativas para essa realidade, realizando uma Pesquisa em Design Educacional (PDE). O objetivo foi analisar uma intervenção e construir princípios de Design sobre a aprendizagem do tema da relatividade do tempo, na Física de Einstein, com o uso do Facebook como suporte para mediar as discussões.

A justificativa para a escolha do tema Tempo se deu, principalmente, por três razões: (1) Este assunto era uma tema importante durante o ano letivo, onde era necessário abordar a visão clássica (Newton) e visão relativística de Einstein (escolhida para a atividade no Facebook); (2) Porque consideramos que o tema poderia fomentar argumentação com assuntos próximos ao cotidiano; (3) E, porque há pouca exigência matemática para a estruturação de argumentações sobre o Tempo.

Em relação ao uso do Facebook, são três os principais motivos que justificam seu uso. O primeiro, é a falta de clareza sobre as possibilidades de uso das redes sociais para fins educacionais, uma vez que as mesmas não foram criadas para esta finalidade (Blonder, 2015). A segunda motivação reside na busca de alternativas para contornar as dificuldades de ensinar e aprender Física, apontadas na literatura (Diogo & Gobara, 2007; Gaspar, 2004; Moreira, 2018; Pedrisa, 2001). A terceira motivação está relacionada com o desafio de engajar os alunos nas aulas de Física. Vários trabalhos abordaram este tema, buscando identificar fatores, internos e externos, que possibilitam um maior engajamento dos alunos. A justificativa é que o engajamento estudantil é visto como um fator que facilita o aprendizado, melhora o desempenho acadêmico e cria maior interesse pela ciência (Friedman & Ginsburg, 2013; Maltese & Tai, 2010; Osborne & Dillon, 2008).

## O referencial teórico-metodológico

Segundo Reeves (2006), a origem da PDE tem forte relação com o uso das TDIC em pesquisas em Educação. O autor ainda aponta que a Tecnologia Educacional é antes, e acima de tudo, um campo do design educacional e, como tal, o objetivo central de pesquisa nesta área deveria ser o de resolver problemas de ensino e aprendizagem e construir princípios de design, que possam orientar o desenvolvimento futuro e a implementação de decisões.

Neste sentido, McKenney e Reeves (2019) comentam que a PDE tem o compromisso de desenvolver contribuições teóricas e soluções práticas simultaneamente, em contextos reais, em conjunto com as partes interessadas. Muitos tipos diferentes de soluções podem ser desenvolvidos e estudados por meio da PDE, incluindo produtos, processos, programas ou políticas educacionais.

A PDE tem uma característica complexa e multifacetada que permite a utilização de variados escopos teóricos e metodológicos para solucionar problemas evidenciados na prática educativa e, por causa disso, tem sido descrita como: teoricamente orientada, intervencionista, colaborativa, responsivamente fundamentada e iterativa (McKenney, et al., 2006; Wang & Hannafin, 2005).

Reeves (2000) afirma que a PDE não é definida pelos métodos escolhidos, mas por seus objetivos fundamentais que são: desenvolvimento de um produto ou processo, acompanhado da construção de conhecimento e do desenvolvimento profissional dos envolvidos. É relevante esclarecer que foram adotadas as quatro fases do processo de desenvolvimento de intervenções com o uso das TDIC apontadas por Reeves (2000): fase 1 — análise do problema educativo; fase 2 — desenvolvimento do artefato pedagógico; fase 3 — intervenção e fase 4 — análise retrospectiva para produzir princípios de design. Essas fases também estruturam a apresentação dos resultados desta pesquisa e suas conclusões em forma de princípios de design (quarta fase da PDE).

Na fase inicial da PDE — identificação e análise do problema educativo — observa-se todo processo de tomada de decisão em relação às necessidades e objetivos do contexto de pesquisa (Edelson, 2002).

Em relação aos sujeitos da pesquisa, participaram oito alunos de licenciatura em Física de uma Instituição Federal de Ensino no interior do Rio de Janeiro, 26 alunos, na faixa etária entre 14 e 18 anos, do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública, e o pesquisador. A turma escolhida foi acompanhada por um semestre do ano de 2018, onde, semanalmente, ocorriam discussões sobre o planejamento e execução do projeto. As reuniões e aulas foram gravadas para posterior transcrição e construção dos dados com a devida autorização dos participantes e com a aprovação do comitê de ética em pesquisa.

Para preservar a identidade, os alunos serão identificados por meio de símbolos de acordo com a ordem de fala. Por exemplo, os licenciandos serão identificados pelas siglas L-1 (licenciando-1), e assim sucessivamente; Os alunos da escola serão identificados pelas siglas A-1 (primeiro aluno a falar; aluno-1); o pesquisador será chamado de (Pq) e o professor de Física da escola básica (PF). Como a turma foi dividida em grupos de trabalho, os grupos foram denominados G-1, para o grupo-1 e assim sucessivamente.

Considerando que a atividade educacional, como qualquer atividade humana, está sujeita a influências do contexto social, cultural e histórico, utilizamos alguns conceitos dos Estudos Socioculturais (Engeström, 1986; Lemke, 1990; Wertsch et al., 1998; Mwanza, 2001; Engeström, 2005) para dar suporte na compreensão do contexto, nos papéis dos participantes, na divisão de tarefas e nas manifestações das contradições para entender como moldaram os processos e dar sentido às falas dos participantes.

Na segunda fase — fase de construção do artefato — soluções potenciais são exploradas e precisam ser checadas se são factíveis, com base na análise do problema e nas orientações teóricas. McKenney e Reeves (2019) comentam que esta fase de design e construção envolve interações sociais e uso dos achados da revisão de literatura. Por isso, utilizamos os aportes teóricos de alguns trabalhos (Braaten & Windschitl, 2011; Lemke, 1990; Mcneil et al., 2006; Wertsch et al., 1998) para estudar os aprendizados da estrutura científica e nível de explicação construídas pelos alunos após a intervenção. Por exemplo, a figura-1 orienta sobre critérios de análise desenvolvidos neste trabalho.

**Figura 1.** Dimensões de análise da apropriação da linguagem social da ciência e parâmetros avaliativos da produção textual dos alunos

Dimensões	Critérios de análise	Referencial
Domínio da linguagem social da ciência escolar	A explicação é estrutural e/ou funcional?	Wertsch (2008) e Wertsch et al. (1998)
Ressignificação do discurso X manutenção do padrão temático	A explicação dos alunos manteve as mesmas relações semânticas das explicações da ciência escolar?	Lemke (1990)
Estrutura científica das explicações	Identificar se a explicação possui: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alegação</li> <li>• Provas</li> <li>• Racionalidade coerente</li> </ul>	Mcneil et al. (2006)
Nível da explicação científica	Qual o nível da explicação? <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simples</li> <li>• Causação</li> <li>• Justificada</li> </ul>	Braaten (2011)

Fonte: Adaptado de Neto e Struchiner (2020)

A terceira fase da PDE — Intervenção — ocorre a implementação da solução desenvolvida (protótipo e/ou processo) e análise sobre os resultados alcançados. Escolhemos usar o filme *Interestelar* (2014) para provocar debate, exatamente porque este filme aborda questões sobre o Tempo do ponto de vista relativístico. Era esperado que o filme causasse estranhamento e questionamento por parte dos alunos.

Após passar o filme (três tempos de aula), a turma foi dividida em quatro grupos, de quatro alunos cada, para discutirem sobre assuntos tratados no filme. Perguntas para orientar o debate foram elaboradas na reunião do PIBID. Os grupos deveriam elaborar coletivamente uma única resposta e postá-la no Facebook após a aula. Os alunos tiveram uma semana para comentar as postagens dos demais grupos e trocar suas respostas, caso desejassem. O professor usava o espaço do Facebook para ampliar o tempo de discussão de sala de aula. Assim, ele estimulava que a discussão, iniciada em sala de aula, continuasse no grupo da turma no Facebook. De igual forma, quando havia uma postagem, ele pedia que os demais grupos comentassem as postagens dos colegas, tanto no Facebook, quanto em sala de aula. As perguntas norteadoras sobre o filme estão destacadas a seguir:

No filme, existe uma questão intrigante em relação ao tempo: ele não passa da mesma forma para todas as pessoas. Podemos observar isso em dois momentos do filme: (1) quando, durante a viagem, é comentado que cada hora deles na nave espacial corresponde a sete anos na Terra; (2) quando Murphy (a filha de Cooper que ficou na Terra) encontra seu pai, estando mais velha que ele. Diante disso, responda no Facebook as perguntas a seguir: (1) Na opinião do grupo, como isso é possível? Caso considerem que não seja possível, explique o motivo (Respondam com suas palavras); (2) O que é tempo para vocês? (3) Qual o entendimento de vocês sobre como o tempo passa? Ele é igual para todos, ou não? (Explicar o ponto de vista do grupo).

As postagens, as interações e as possíveis mudanças nas alegações científicas construídas pelos alunos foram observadas e analisadas para identificar o tipo de aprendizado sobre o tema Tempo, como serão apresentadas no próximo tópico

A quarta fase — construção de princípios de design — é assim chamada porque trata da produção de recomendações para o aprimoramento da intervenção. Segundo Edelson (2002), o desenvolvimento de intervenções é composto por inúmeras decisões da equipe que, em geral, permanecem implícitas ao processo que, quando identificadas, oferecem oportunidades de aprendizagem sobre o processo de desenvolvimento, auxiliando os pesquisadores a tomarem decisões em contextos semelhantes. Desta forma, um dos desafios da pesquisa consiste em tornar explícitas as decisões tomadas ao longo do processo, transformando-as em princípios e orientações para enfrentar problemas educativos (Edelson, 2002; Plomp et al., 2018; Nieveen, 2006).

## Resultados e Análise

Nos primeiros encontros entre o investigador e os colaboradores (reuniões de planejamento do PIBID), foi comentado que os alunos da escola apresentavam baixo engajamento para estudar. Assim, as primeiras reuniões foram pensando em formas de promover maior engajamento dos alunos nas atividades. Neste sentido, os licenciandos, e o professor da escola básica, foram propondo variadas estratégias que consideravam ser suficientes para melhorar o aprendizado dos alunos. Foram citadas estratégias usando experimentação com materiais de baixo custo, uso de filmes e o uso do Facebook para ser uma espécie de caderno virtual de estudos e conversas sobre as matérias estudadas.

Nesta fase de identificação e análise do problema educativo observou-se todo processo de tomada de decisão em que os sujeitos envolvidos buscam equilibrar objetivos, necessidades ou oportunidades com desafios e limitações encontrados nos contextos pedagógicos (Edelson, 2002). Também procurou-se o estreitamento, do trabalho colaborativo sendo, portanto, uma fase essencialmente dialógica, onde buscou-se negociar sobre qual é a mudança desejada e quais teorias de aprendizagem poderiam nortear a compreensão dos problemas e orientar a concepção, a construção e a pesquisa da intervenção (Mckenney & Reeves, 2018).

Assim, observou-se que havia muita confiança na equipe sobre a metodologia e sua eficácia para promover o aprendizado. Contudo, ao se depararem com a dura realidade da turma, que apresentava baixa frequência, elevado número de repetentes,

problemas disciplinares e péssima relação entre alunos e alunos e professor da escola. Todos esses fatores afetaram diretamente o engajamento dos alunos. Desta forma, ficou claro que esta PDE deveria contornar os problemas deste contexto que estava permeado por conflitos e contradições, por meio de reuniões entre alunos e equipe do PIBID para ouvir as demandas, negociar soluções e estabelecer um ambiente propício para o aprendizado e colaboração.

Assim, após várias interações com a turma, onde os alunos da escola básica passaram a ser ouvidos em suas demandas, novas regras de convivência foram estabelecidas e a atividade no Facebook pode ser iniciada para avaliar como este poderia melhorar o engajamento e o aprendizado do tema da física escolhido.

Pode-se afirmar que identificamos outros tipos de aprendizados que foram necessários para que o trabalho pudesse ocorrer. Dentre eles, destacamos a necessidade geral de aprender a ouvir e a se comunicar de forma respeitosa, clara e que busca solucionar os problemas em vez de achar culpados. Também, destaca-se que o engajamento dos alunos dependeu de sua percepção de importância no processo e no planejamento. Assim, pode-se afirmar que o suporte do Facebook (qualquer outro recurso tecnológico) não foi, ou deve ser visto, como uma solução mágica para problemas educacionais (Mckenney & Reeves, 2018).

Neste contexto de trabalho, o papel do professor é triplo, pois em alguns momentos ele desempenha o papel de um facilitador que contribui com um conhecimento especializado, quando centra a discussão nos pontos críticos, ao fazer perguntas e dar respostas às contribuições dos participantes ou quando dá coerência à discussão e sintetiza os pontos principais. Em outros momentos, é o papel técnico que se destaca, pois ele precisa ter habilidades suficientes para dominar as ferramentas tecnológicas ou para ser um moderador das interações no facebook. Por fim, também destacamos o fato dele ter supervisionado os licenciandos, servindo de co-formador dos mesmos.

A seguir, são apresentados alguns excertos sobre a parte do aprendizado dos alunos, sobre o conteúdo específico das ciências observados pelas explicações desenvolvidas em sala de aula por dois grupos — G1 e G2.

**Extrato 1** (sessão 6) — Respostas do G1 à primeira pergunta sobre o filme:

- A-1: Pode sim, pois o filme mostrou isso;
- PF: O tempo daqui é igual ao de outra cidade? Não estou falando de clima, ok?
- A-2: O tempo do relógio passa igual sim. Mas muda no horário de verão;
- A-3: O tempo no Rio de Janeiro passa mais rápido do que no Nordeste por causa disso;
- Pq: O tempo tem uma velocidade?
- A-3: Isso não tem nada a ver com a Física;
- Pq: Como assim?
- A-3: É o governo determina que Estado vai adiantar uma hora (horário de verão);
- A-1: O tempo existe fora do homem. A gente não conta os dias pelo Sol?

- A-2: O tempo varia;
- A-4: O tempo do relógio passa mais rápido do que o do celular;
- A-1: Acho que seu relógio está quebrado. o tempo no celular é constante.

**Extrato 2** (sessão 6) — Respostas do G-2 para a mesma pergunta:

- A-5: O tempo passa diferente no espaço por causa do buraco negro, não é?
- A-6: Não, é por causa do espaço! Lá o tempo é diferente!
- A-5: Como isso acontece?
- A-6: Porque no espaço não tem ar. Lá é diferente;
- A-6: Os lugares são diferentes. Na minha opinião é possível. Não seria se algo fizesse que o tempo fosse igual ao da Terra.
- A-8: Já vi num filme que os astronautas ficam mais leves no espaço e lá não tem ar. Então deve estar certo;
- A-5: Ar é mesma coisa que gravidade? O filme fala de gravidade.
- A-7: O professor também falou disso na aula. Não foi professor?
- A-6: Acho que a gente estudou isso no início do ano.
- A-5: Ainda acho que é por causa do buraco negro, porque foi falado no filme.
- A-6: Vamos colocar que é por causa do espaço. Acho mais fácil de responder assim. — Não entendi o negócio do buraco negro no filme.

O Grupo G-1 apresentou um padrão contraditório de respostas para a pergunta se o tempo era absoluto ou não, pois consideraram que o ocorrido no filme era possível, mas suas respostas na discussão apontaram prioritariamente para uma visão absoluta de tempo. Na visão de Newton, o tempo e o espaço são absolutos, ou seja, o tempo é o mesmo em qualquer lugar do universo, tendo um “fluxo” constante. Assim, o padrão das respostas que está mais compatível com a visão de tempo aparente de Newton, onde este pode medido pelo movimento externo.

No caso do Grupo G-2, as falas mostram que dois alunos discordaram entre si a respeito de uma explicação sobre o tempo, onde uma delas (A-5) estava mais próxima da resposta esperada pela ciência para explicar o fenômeno, porque usava conceitos da relatividade de Einstein. Entretanto, ela não foi bem elaborada pelo aluno (não dominava o discurso da ciência). A outra explicação estava errada, pois atribuiu ao espaço fora da Terra uma propriedade diferente, que tinha o poder de fazer o tempo passar mais devagar lá.

Ainda em relação ao G-2, observa-se que a noção de tempo apresentada pelo aluno (A-5) está relacionada com deformações na teia do espaço-tempo, causado por um corpo supermassivo (buraco negro). No caso do aluno (A-6), sua explicação estava diferente da visão de Newton e de Einstein, pois atribuía ao espaço propriedades diferentes. Na realidade, estava mais próxima de uma visão Aristotélica do mundo, onde a matéria constituinte dos corpos supralunares (depois da Lua) seriam feitos de éter. Para Aristóteles, a Terra era o centro do universo e, somado à Lua, eram constituídos de terra, água, fogo e ar. No espaço sideral, não há ar, nesta concepção de mundo. Assim, os alunos se apropriaram mais dos discursos estudados no primeiro semestre, onde foi visto as teorias de Aristóteles para o mundo. É possível que as ideias de Aristóteles tenham maior aceitação, pois são muito mais intuitivas do que as de Newton e Einstein.

A seguir, são mostradas as postagens dos alunos no Facebook após a discussão em sala.

**Extrato 3** (sessão 7) — Postagens iniciais do grupo G-1 no Facebook:

— Postagem no Facebook: É possível porque depende da duração que o corpo sofre. Para a filha passou 24 anos, já para o pai passou 4 horas. O tempo passou diferente para cada corpo então o pai pode estar mais novo que a filha (noção de tempo como desgaste corporal)

Pergunta: O que é o tempo para vocês? É a determinação de épocas, horas, etc.

Pergunta: Como vocês entendem que o tempo passa? Acho (resposta do grupo?) que significa que o fato está acontecendo no momento, na ocasião certa.

— A-2: É isso gente? Está bom?

— A-4: Acho que sim. Como aqui na Terra o tempo se passa de um jeito e no espaço é diferente, então isso pode acontecer;

— A-1: Gostei desse Einstein. Ele foi reprovado em matemática mesmo? Queria saber mais sobre a história dele. Onde acho?

— A-3: O professor falou que tem um vídeo no Youtube sobre ele.

— A-2: Tempo é relativo, pois passa diferente em situações diferentes. Tem aula que o tempo não passa.

— A-3: Acho que precisa dar um exemplo para melhorar.

**Extrato 4** (sessão 7) — Postagens do G-1 após as discussões no Facebook:

— Postagem no Facebook: É possível que o tempo passe mais rápido sim! Por exemplo, uma pessoa de bicicleta e outra de moto. A de moto, chega mais rápido e terá mais tempo do que o que vai de bicicleta”.

— Pergunta: O que é tempo para vocês? R: Tempo é tudo, porque tudo necessita de tempo para existir, para fazer. E também há possibilidade de distorcer o tempo.

— Pergunta: Como o tempo passa para vocês? R: O tempo passa com uma velocidade relativamente rápida, comparada com a velocidade de um jato de guerra. Há possibilidade de variar essa velocidade”.

**Extrato 5** (sessão 7): Postagens iniciais no Facebook do grupo G-2:

— É possível por ele estar em um planeta diferente e ela na Terra. O tempo passa mais rápido na Terra ( propriedade da Terra)

— A-7: O tempo é uma invenção humana para ele ver dias, meses, etc. Serve para ele calcular quanto tempo passou.

— Através dos relógios, do movimento da Terra, sol e Lua. Também vemos o tempo passar quando envelhecemos.

— A-5: Gente, o tempo passa diferente perto do buraco negro onde o pai ficou. Por isso, passou mais devagar para o pai e ele ficou mais novo que a filha.

— A-6: Não! Acho que você está errado. É por causa que eles estão no espaço

— A-8: Tempo é aquilo que as pessoas gastam atoa. Nós temos que usar o tempo que ainda temos fazendo coisas boas e ter o merecer que todos esperam.

— A-6: Nada a ver!



— A-9: Gente, não vamos discutir para não criar mais problemas. Vamos fechar uma resposta logo. Aqui não é para discutir. Vamos colocar que no espaço o tempo muda.

— A-6: Vou postar uma resposta. Depois mudamos, se precisar.

**Extrato 6** (sessão 7): Postagem final do G-2 após as discussões no Facebook:

— Pelo fato do tempo passar mais devagar no espaço. Eles não envelhecem. É como se tivesse passado horas, e na Terra está passando anos. Quando voltam para a Terra eles continuam jovens, porque ficaram apenas horas no espaço, que eram anos na Terra”.

— Os lugares são diferentes, então é possível. Não seria se algo fizesse que o tempo fosse igual ao da Terra. Se todos pudessem perceber que o tempo está passando e todos envelhecendo do jeito normal.

— É algo que deixa possível distinguir o que é passado, presente e futuro. É um jeito de deixar as pessoas mais velhas (entre aspas) a cada minuto, segundo, dias, horas, dias, etc”. “O tempo passa a todo instante e o tempo não para. É algo que muda dependendo do lugar”.

Ao comentar sobre a estrutura narrativa, Wertsch (2008) afirma que existem estruturas funcionais e organizacionais de explicação. Por sua vez, a estrutura funcional considera duas dimensões narrativas: uma referencial e outra dialógica. Na estrutura organizacional, as explicações são compreendidas como sendo constituídas de dois elementos básicos: explicações específicas e moldes explicativos esquemáticos.

Na função referencial, as explicações focam nos cenários, atores e eventos no mundo real. Já na dimensão dialógica as explicações buscam responder outras narrativas influentes disponíveis, de forma visível ou não, sobre o mesmo tema. Logo, as respostas a um questionamento, ou uma explanação sobre um assunto, não são apenas declarações, mas falam a outras possíveis perguntas. Assim, as explicações podem evidenciar dimensões de poder e de influência. Por exemplo, quando um aluno faz uma declaração em um trabalho em grupo ele está respondendo ao professor, mas também tenta se antecipar a possíveis novas perguntas, ou críticas, à sua explicação.

Usando os argumentos de Wertsch (2008), pode-se identificar que as explicações dos alunos, tanto de G-1 quanto de G-2, são, inicialmente, de natureza funcional-referencial, pois ambas focam em cenários (espaço), “atores” (moto, avião etc) e eventos. No caso do G-2, pode-se observar que o argumento inicia com uma estrutura específica das explicações. Ela também é dialógica, porque estava preocupada em dialogar com o que o professor falou em sala de aula e com o próprio filme (alunos A-5 e A-7 do extrato 3 do grupo-1). A estrutura organizacional pode ser observada pela repetição da estrutura: o espaço é diferente da Terra.

Ao avaliar a postagem final no Facebook, observa-se que a resposta do G-1 (extrato 4) mudou de funcional-referencial para funcional-dialógica, porque ele usou um exemplo dado pelo professor em sala de aula em outro contexto (um percurso de moto leva menos tempo que o mesmo percurso de bicicleta). Assim, o grupo tentou

mostrar domínio da ferramenta (explicação dada pelo professor), endereçando a resposta a ele. Entretanto, não foi possível identificar um padrão organizacional de explicações científicas neste grupo, o que possibilita vislumbrar que os alunos buscaram um padrão explicativo com estruturas genéricas que se repetem. Ou seja, o uso da comparação de objetos com velocidades diferentes para fundamentar a resposta que o tempo pode variar apareceu em duas respostas.

No caso do grupo G-2, quando comparadas as frases construídas em sala com a frase postada no Facebook, percebe-se que o grupo preferiu a explicação do aluno (A-6), ainda que a explicação de A-5 estivesse correta e a do aluno A-6 está errada (no extrato-5 da sessão 7). Possivelmente, a resposta do aluno A-6 prevaleceu porque existe um status atribuído a este aluno de melhor aluno do que A-5, o que lhe conferiu mais autoridade na fala. Assim, a resposta construída pelo grupo não estava relacionada ao conteúdo ou à coerência da explicação diante dos fatos, mas pode estar relacionada ao sujeito com a ferramenta, como é destacado por Wertsch (1998, 2008). Isto também é observado no grupo G-1, quando o aluno A-2 muda de resposta (tempo constante para tempo variável) após a explicação de A-3. Assim, como a fala é considerada como ferramenta, e o aluno A-3 fundamentou melhor sua resposta, o aluno A-2 alterou sua resposta. Segundo Wertsch (2008), quando isso ocorre, é um sinal de que o sujeito tentou dominar uma ferramenta em vez de se apropriar da mesma ou conceito. No caso em questão, este grupo não se apropriou da explicação de Einstein levada pelo professor.

Outro destaque trazido pelas lentes de Wertsch (2008), é que se pode identificar dimensões de poder nas explicações, pela atribuição de autoridade dada às mídias. Isso é perceptível na fala do aluno A-1, quando este comenta que o tempo pode passar diferente porque o filme mostrou isso. Por outro lado, também foi atribuída autoridade ao professor, quando se utilizou exemplos trazidos por ele para sala de aula.

O destaque de autoridade de fala atribuída à mídia (filme) exemplifica os novos desafios encontrados na profissão docente. Na atualidade, o professor concorre com outras fontes e vozes dentro de sala e que, em muitos momentos, essas vozes podem ter mais peso do que a voz do professor. Ao comentar sobre isso, Chassot (2000) nos alertava sobre a dissonância entre as linguagens da escola e do educando, o que pode causar dificuldades para relação professor-aluno em relação ao processo de ensino-aprendizagem. O autor lembrava que as diferenças entre a escola de nossos avós e a escola de hoje é a influência externa que sofremos. Antes a informação era dada pelo professor, ou seja, a escola era a detentora e referência do conhecimento. Contudo, atualmente, a informação está disponível em tempo real e globalizada pela internet. São variadas as fontes e as formas de apresentação dessa informação. O autor ainda comenta que precisamos reconhecer que não é raro que os alunos superem os professores nas possibilidades de acesso às fontes de informações.

Focando nas respostas finais dos grupos para analisar para identificar se as explicações mantiveram as relações semânticas das explicações científicas (Lemke, 1990), identificou-se que os alunos tentaram elaborar melhor a resposta e chegaram

próximo de uma resposta Newtoniana, no sentido de que o tempo é um fluxo (o tempo como algo que passa e está relacionado com a velocidade), ao mesmo tempo em que é um ente do ponto de vista ontológico. No entanto, apresentaram dificuldades para explicar a relatividade do tempo, usando explicações newtonianas, fora do contexto do filme. Logo, não ficou claro, para eles, porque o tempo não é absoluto.

O grupo-G1 argumentou que o tempo pode ser distorcido, mudando o atributo de absoluto para relativo. O grupo também identifica a influência da velocidade sobre a grandeza física do tempo, mas comparando o tempo com um fluxo. Entretanto, a identificação de fatores externos que podem mudar a “passagem” do tempo está próxima da concepção de Einstein de que o tempo e o espaço são “atores” em vez de “palco” (estruturantes do ponto de vista epistemológico). Ou seja, antes, o espaço e o tempo absolutos eram o palco. Agora, são atores que sofrem influências do “palco”. Esse argumento também é visto nas falas individuais dos alunos A-2 e A-3, quando apontaram que o governo (fator externo ao tempo) altera nosso registro de tempo (extrato 1). Estas discussões foram bem elaboradas pelos alunos e merecem destaque dado o contexto.

Em relação ao grupo G-2, ainda que este não tenha identificado plenamente as causas, houve uma mudança de paradigma na concepção do tempo, de absoluto para relativo. No entanto, algumas sugestões diferentes foram dadas para explicar as mudanças. Por exemplo, no extrato 2, o aluno A-6 alega que a falta de ar no espaço altera o fluxo de tempo, enquanto A-5 identificou corretamente pelo filme que o buraco negro afetava o tempo e isso tinha a ver com a gravidade. Estas observações são muito interessantes e mostram que o grupo conseguiu ir um pouco mais além nas argumentações, quando comparado ao primeiro. Mais uma vez, podemos alegar que esse resultado, tanto em nível de participação quanto em nível de argumentação, era inesperado no início das atividades na turma, dado o contexto desafiador.

Todavia, ainda que os grupos tenham apresentado respostas contraditórias ou justificativas consideradas erradas para a pergunta se o tempo era absoluto ou não, os resultados apontam para manutenção do padrão semântico de tempo relativo. Contudo, é importante destacar que os alunos do grupo G-2 se equivocaram em alguns pontos, indicados por Lemke (1990), sobre as características semânticas da ciência que os alunos não conseguiram apropriar, tais como: (1) não construíram enunciados na forma de proposições que sejam mais universais e verbalmente explícitas quanto possível. Por exemplo, no excerto 5, o aluno A-7 alega que o tempo é uma invenção humana. Logo, para ele, não é um ente da Física. Por outro lado, pode-se observar que o aluno A-8 alega que o tempo é algo que se tem, sendo, portanto, um ente; (2) usaram a personificação, atribuição de qualidades essencialmente humanas, ou ações humanas para descrever entidades e processos naturais. Por exemplo, pode-se ver o uso errado da personificação, quando o aluno A-2 sugere que o tempo tem vontade própria e passa diferentemente, dependendo do evento.

Pela análise proposta por Mcneil et al. (2006), ainda que os alunos não tivessem compreendido plenamente o assunto, ambos os grupos desenvolveram explicações que se aproximaram de um padrão característico de uma resposta dada pela ciência, porque tentaram fornecer uma alegação suportada por provas, ou evidências, que tinham uma explicação racional para fornecer uma conclusão. Este fato denota um aprendizado sobre as formas de comunicação da ciência e merece um destaque dada a condição sociocultural dos alunos. Desta forma, é possível alegar que, mesmo em contextos considerados difíceis para ensinar tópicos de física moderna e contemporânea, há possibilidades de buscar o crescimento e o desenvolvimento de habilidades e competências necessárias aos alunos, como as de se comunicar, usando recursos da ciência, para o exercício da cidadania.

Por sua vez, a proposta de Braaten et al. (2011) nos permite discutir o nível de profundidade das explicações dadas pelos alunos. No caso de G-1, os alunos se enquadram mais no perfil de explicações simples, mas que buscavam encontrar justificativas. Provavelmente, por conta da complexidade do tema e do pouco tempo que os alunos tiveram para discutir mais sobre o assunto, não houve um ensaio de explicação por causação. Por outro lado, o grupo G-2 apresentou explicações em dois níveis — causação e justificação. Isto sinaliza que este grupo se desenvolveu mais no sentido de criar explicações mais elaboradas, ainda que estivessem com erros conceituais, para o padrão de resposta da relatividade de Einstein.

Por fim, pode-se avaliar que, ainda que os alunos não tenham compreendido as causas da relatividade do tempo, eles construíram outros tipos de aprendizado e desenvolveram outras habilidades durante as atividades.

Contudo, merece destaque que os alunos da escola demoraram a entender o que era desejado deles no Facebook. Isso revela que a comunicação clara nem sempre é fácil de ser obtida. Isso fica evidente na fala dos alunos relatadas a seguir:

**Extrato 7** (sessão 8) — Avaliação com os alunos da escola:

— Pq: O que vocês acharam do trabalho com o Facebook?

— A-1: O trabalho com o Facebook foi melhor do que uma atividade comum, pois nós tivemos mais tempo para fazer o trabalho do que só em sala de aula. Também facilitou o fato de não precisar falar na frente das pessoas, pois eu não consigo. Mas, no Facebook é tranquilo [...] Acabei lendo mais coisas do que se ficasse só com o que a gente escreve no caderno.... Então, acho que valeu a pena fazer o trabalho”.

— A-7: Parecia outro professor também. A aula ficou bem mais legal.

— A-2: Acho que aprendi mais, pois tive que estudar muito mais para tentar convencer o professor e aos colegas meu ponto de vista”.

— A-3: Usando a Internet eu via cada mais outros sites falando sobre o assunto. Se fosse só o livro ia acabar ali”. Mas, tive que perguntar ao professor como escolher o site, pois ele falou que tinha que tomar cuidado com as informações”.

— A-4: Não é só vergonha, muitos colegas não deixam a gente falar. Ficam brincando também. No Facebook, temos total atenção de quem entrou”.

— A-1: Eu aprendi mais do que na escola, porque aqui tem muito barulho! Pelo Facebook, eu ficava mais atento porque recebia um aviso de que um colega havia postado alguma coisa e ia ler na hora. Em sala a gente se distrai muito.

Por outro lado, essa informação trazida pelos alunos reflete a potencialidade do Facebook para ampliar as discussões de sala de aula, o que era um dos objetivos específicos desta pesquisa. É perceptível que os alunos atribuíram um sentido de uso do Facebook diferente do usual, quando alegam que, naquele espaço, eles têm uma atenção diferente do professor e dos parceiros de estudos, quando comparado com a sala de aula. Logo, o Facebook foi ressignificado pelos alunos como espaço de construção de conhecimento no âmbito escolar.

Percebemos que, após as atividades no Facebook, os alunos se sentiam mais seguros e confiantes para se manifestarem dentro de sala de aula. Entretanto, é importante salientar que, neste trabalho, o Facebook foi identificado como um espaço complementar e não como substitutivo das interações em sala.

Também destacamos que a intervenção promoveu uma busca por outras leituras para além do caderno e do livro didático (pouco usado pelos alunos e professor).

Por fim, a fala dos alunos revelou que eles consideram o Facebook como espaço onde podem ter uma maior atenção do professor e de outros colegas, se constituindo, portanto, como promotor da voz dos alunos e dirimindo outras tensões e problemas que ocorrem prioritariamente no espaço físico de sala de aula.

Por outro lado, problemas relacionais na turma também podem ter interferido na atividade. Por exemplo, na postagem de um aluno, mostrado no extrato 5, ele comentou que o Facebook “não era lugar para discussão, mas para explicar os assuntos da matéria” (A-9). Foi explicado em sala de aula, e no Facebook, que discussão sobre os temas eram esperados. Mas, dado o contexto de recorrentes disputas, a palavra discussão não foi bem-aceita. Em novos estudos, sugere-se cuidado no uso do termo discussão, ou até mesmo trocar a palavra por outra similar.

## **Construção dos princípios de design**

Pode-se dizer que houve desenvolvimento da equipe, ao observarmos as decisões que foram necessárias ao longo do processo. Desta forma, para atingir uma meta sob um conjunto de restrições, houve a necessidade de desenvolver um entendimento sobre as próprias metas e restrições para as quais está se projetando, além de observar melhor os recursos disponíveis para a construção de um design. Assim, foi possível identificar um desenvolvimento em duas categorias: Habilidade para contornar as dificuldades, em vez de desistir; e capacidade de reavaliar a influência do contexto do design. As decisões sobre o próprio design podem ser caracterizadas como um design de soluções de problemas. A seguir, apresentamos alguns princípios que foram elaborados a partir das análises das etapas da PDE, ao longo de todo processo.

## **Primeiro Princípio de Design: O Facebook deve ser apresentados aos estudantes como espaços complementares em relação à sala de aula**

Esse princípio tem sua origem a partir da identificação de que os alunos atribuíram um sentido diferente do usual para o uso do Facebook, onde este foi percebido como um espaço onde podem ter sua voz amplificada no contexto educacional. Isso pode ser notado quando os alunos alegaram que, no Facebook, eles têm uma atenção diferente do professor e dos parceiros de estudos, comparado com a sala de aula. Segundo os alunos, isso se deu porque, no Facebook, eles têm suas falas registradas e uma atenção sem ruídos próprios de salas de aulas (conversas paralelas), tanto por parte do professor quanto pelos colegas de classe.

Com isso, houve um maior engajamento dos alunos, o que vai ao encontro da afirmação de Rogoff (2005; 1998) de que a motivação para o aprendizado advém da participação em práticas cooperativas culturalmente valorizadas. A atividade promoveu um senso de comunidade e ajudou os alunos a terem um senso de pertencimento a seus grupos e à classe como um todo. Logo, o Facebook foi ressignificado pelos alunos como espaço de construção de conhecimento no âmbito escolar e como comunidade de aprendizagem.

## **Segundo Princípio de Design: É necessário compreender o significado que diferentes expressões podem apresentar em cada contexto sociocultural**

Trabalhar em grupo em um artefato educacional é uma tarefa complexa, porque envolve multivocalidade (Engeström, 2012). Assim, vozes conflitantes e compreensões diferentes sobre os objetivos da atividade podem interferir na dinâmica de todo processo.

Por exemplo, os alunos alegaram que não era para discutir porque o trabalho não era para isso. Claramente, eles entendem a palavra discussão somente no sentido de brigas e conflitos, o que era temerável naquele contexto instável de relacionamentos. Porém, o que se desejava era exatamente ver como as discussões afetam as construções das explicações dos alunos no Facebook.

É necessário pensar formas de facilitar a comunicação, principalmente, em grupos heterogêneos. Nem sempre a interpretação do professor, ou do designer de ambientes educacionais, é a mesma do grupo. Ao não clarificarmos para os participantes sobre os papéis e objetivos, achando que todos entenderam perfeitamente todo processo, as interações podem ser prejudicadas ou até mesmo impedidas.

Comunicação implica no estabelecimento de interações que influenciarão os processos cognitivos de outros membros do grupo (Engeström, 2012). Portanto, deve-se levar em consideração os significados que uma expressão pode ter em um determinado contexto para que não se limite a compreensão, o diálogo e a execução de uma tarefa.

### **Terceiro Princípio de Design: É necessário definir o tipo de observação que será feita em relação às interações no Facebook**

Apoiado em outras pesquisas (Enyedy & Hoadley, 2006; Barnett et al., 2002), recomenda-se que, se o objetivo é avaliar as potencialidades da aprendizagem de Ciências por meio de um movimento iterativo de reflexão e de interação. Assim, o foco das observações deve considerar que, para aprender, os alunos participam em um processo dialético que envolve a interação com outros ou externalização (diálogo) e a reflexão ou internalização dos conceitos (monólogo).

A literatura indica duas principais tendências de estudos sobre a interação entre alunos em ambientes virtuais: O primeiro prioriza as características das mensagens, enquanto o outro foca nas contribuições que os estudantes realizam, quando conversam ou discutem em fóruns de caráter colaborativo. Por exemplo, quando o foco é nas características das mensagens, Henri (1992) sugeriu usar cinco dimensões como critérios de análise de conteúdo nas interações em ambientes virtuais: dimensão participativa (número de intervenções); dimensão interativa (referências mútuas); dimensão cognitiva (nível e tipo de processamento da informação); dimensão metacognitiva (habilidades para refletir sobre o próprio ato ou conhecimento) e dimensão social (contribuições não diretamente relacionadas com a tarefa). Por outro lado, Gunawardena et al. (1997) propuseram um modelo com foco nas interações sociais, onde os processos de construção colaborativa, mediada pelas TDIC, observam os compartilhamentos de informação, a coerência das afirmações, os tipos de negociação e suporte das ideias e a aplicação do conceito.

### **Quarto Princípio de Design: É importante integrar outros recursos para fomentar a discussão no Facebook**

Foi necessário mais de um recurso para fomentar a discussão entre os alunos. Neste trabalho, usamos um filme, como disparador, por acreditar que a visualização dos fenômenos pode ser usada para resolver alguns aspectos complicadores para o aprendizado de temas complexos, como os da Relatividade. Também consideramos o filme um recurso efetivo para iniciar a discussão de aspectos importantes das teorias de Einstein, sem a necessidade de formalismo matemático. Além disso, a exibição do filme pode fornecer uma visualização de um fenômeno complexo. Por fim, não podemos desconsiderar o potencial de divulgação científica e de entretenimento de filmes, desde que trabalhados de forma dinâmica por professores e alunos.

Entretanto, no caso dos filmes, é necessário uma boa gestão entre a escolha do filme e o tempo disponível. Por exemplo, filmes muito longos podem ser cansativos para os alunos e contraproducentes. Por outro lado, mesmo um curta-metragem pode levar de dois a três dias para a sala de aula. Além disso, pode ser difícil se diferentes classes tiverem que iniciar e parar em locais diferentes de um filme. Outro problema pode ser identificado, quando a parte com interesse educacional pequena comparada com o

tempo de filme, o que demanda um maior cuidado por parte do professor. Também pode acontecer que apenas algumas partes do filme sejam apropriadas para a sala de aula. Enfim, esses fatores devem ser levados em consideração no design de atividades educacionais.

### **Quinto Princípio de Design: É necessário oferecer condições para que os alunos se sintam encorajados para formularem suas argumentações**

Os alunos precisam saber o que se espera deles, tanto no que diz respeito às formas de participação, assim como sobre a forma como serão avaliados. Neste sentido, apresentar prazos e rubricas de avaliação são importantes nesse processo. Por exemplo, pode-se sugerir que sejam considerados, na avaliação, a organização lógica, segurança na argumentação e o significado semântico das alegações elaboradas pelos alunos (Lemke, 1990).

Contudo, o aluno também precisa se sentir seguro para argumentar. Sobre isso, Pimentel e McNeill (2013) alegaram que o engajamento de estudantes na produção de explicações científicas pode ser prejudicado por falas inibidoras do professor. Assim, os autores sugerem que, em vez do professor solicitar que seus alunos provem seu ponto de vista, ele poderia sugerir que os estudantes reformulem suas respostas de forma a dar mais clareza e sentido ao que estão alegando. Do mesmo modo, para que os estudantes possam se posicionar, sentindo-se acolhidos a julgarem distintos enunciados, o professor necessita oferecer oportunidade para que isso ocorra. Nesse caso, lançar de volta um questionamento dos estudantes ajuda no favorecimento de interações e participação ativa no processo de construção de ideias.

Neste processo colaborativo de construção de conhecimento mediado pelo Facebook, pode-se dizer que o papel do professor é duplo. Em alguns momentos, o papel é de facilitador pela contribuição com um conhecimento especializado, centrando a discussão nos pontos críticos, fazendo perguntas, dando respostas às contribuições dos participantes, procurando dar coerência à discussão ou sintetizando os pontos principais. Em outros momentos, é um papel mais técnico, onde é necessário ter habilidades suficientes para dominar as ferramentas tecnológicas (conhecer os recursos do Facebook, por exemplo). Entretanto, esta última parte não exclui a oportunidade de pedir auxílio de terceiros (inclusive aos alunos), e encaminhar a solução dos problemas apresentados pelos estudantes. Em ambas situações, os problemas devem ser encarados como oportunidades para desmistificar o papel do professor como detentor de pleno conhecimento.

### **Sexto Princípio de Design: Deve-se levar em conta os saberes dos alunos como ponto de partida para a apropriação do conhecimento e da linguagem da ciência**

Como foi observado, ainda que os alunos não tivessem compreendido plenamente o assunto, ambos os grupos desenvolveram explicações que se aproximaram de um padrão característico de uma resposta dada pela ciência, porque tentaram fornecer



uma alegação suportada por provas, ou evidências, que tinham uma explicação racional para fornecer uma conclusão. Este fato denota um aprendizado sobre as formas de comunicação da ciência e merece um destaque dada a condição sociocultural dos alunos.

Em muitas avaliações de física supervaloriza-se os resultados expressos em termos matemáticos e o uso de fórmulas. Ainda que se reconheça a estreita relação entre essas duas áreas, também é necessário lembrar que a ciência tem uma linguagem própria e que, em muitas ocasiões, esta apresenta diferenças nas formas de elaborar e apresentar conceitos comparado com a linguagem do aluno. Assim, é ao se apropriar da linguagem, do uso acordado da linguagem e dos processos de desenvolvimento do conhecimento científico que o estudante desenvolve um entendimento sobre um tema científico (Lemke, 1990).

Os estudantes podem dar indícios de apropriação de idéias científicas, se eles forem capazes de dizer tais ideias em enunciados povoados por sua própria linguagem e perspectiva. Assim, pode-se avaliar se os significados das ideias científicas estão preservados nas ressignificações feitas pelos alunos.

Por exemplo, o tema Tempo, o qual foi abordado neste trabalho, não é desconhecido pelos alunos. Assim, os conceitos são elaborados a partir das relações que estabelecem em seu meio extra-escolar, que não podem ser ignoradas pela escola. Trata-se de lidar com esses saberes como ponto de partida e provocar o diálogo constante deles com o conhecimento das ciências, garantindo a apropriação desse conhecimento e da maneira científica de pensar (Lemke, 1990).

## Conclusão

É importante lembrar que, diferentemente dos conceitos científicos, os conceitos trazidos pelos alunos para o contexto da sala de aula, existem no mundo do aluno, sendo carentes de informação e baseados na experiência que não foram abstraídas, nem necessariamente existem na consciência do indivíduo. Já no caso do conhecimento científico, ele inclui: ferramentas; práticas e normas; símbolos matemáticos; diagramas esquemáticos; compreensão compartilhada do que se considera como evidência; critérios para determinar o poder explicativo de um modelo conceitual; um processo de inferência a partir de observações e a compreensão do conhecimento como um comunicado e acordado produto cultural (Wertsch et al., 1998).

Porém, o conhecimento científico sofre transformações, até chegar em sala de aula e durante o processo de ensino-aprendizagem, porque ele é construído dialogicamente e não é neutro (Wertsch et al., 1998; Lemke, 1990). Além disso, o educando não entra como uma “*tabula rasa*” para a escola, mas carrega consigo toda sua vivência cotidiana. Portanto, vai para a escola já sabendo, em alguma medida, o que lhe será ensinado de forma mais sistemática pelo professor.

Acreditamos que o trabalho mostrou um possível caminho para desenvolver formas de comunicação sobre questões científicas, em um cenário complexo e permeado por conflitos e contradições. Neste sentido, o Facebook possibilitou desenvolver

habilidades e competências de se comunicar sobre questões científicas usando linguagem familiar aos alunos, no lugar de expressá-las em termos matemáticos. Desta forma, cabe ao professor identificar quais competências em Física que ele deseja trabalhar, levando em consideração as condições específicas nas quais desenvolve seu trabalho, em função do perfil de sua escola e do projeto pedagógico em andamento.

Pode-se alegar que é possível trabalhar temas complexos, como o da Relatividade de Einstein, desde que os alunos se sintam parte do processo pelas interações positivas. Contudo, encontramos limitações neste trabalho reveladas pelas lentes de Lemke (1990) que apontam que, ainda que os alunos tenham compreendido uma parte importante do conceito da relatividade do tempo, a compreensão não foi na sua plenitude, o que já era esperado devido à complexidade do tema. Os alunos também não construíram enunciados na forma de proposições mais universais, além de terem usado qualidades essencialmente humanas para descrever entidades e processos naturais. Esses apontamentos são importantes para que o professor tenha uma ideia clara sobre a profundidade do aprendizado do conceito. Assim, podemos sugerir que houve um domínio de ferramenta em vez de apropriação da ferramenta (conceito). Quando ocorre somente o domínio de ferramenta o aluno pode ser capaz de reproduzir os conceitos sem, contudo, de fato acreditar neles. Nesse caso, ele pode elaborar uma fala baseada somente naquilo que ele considera que era isso o que se espera que ele responda (Ogborn et al., 1996). Por exemplo, um aluno pode afirmar que dois corpos com massas diferentes caem ao mesmo tempo, porque ouviu o professor dizer isso, mas não acreditar que de fato ocorra dessa forma, ou seja, ele não se apropriou do conceito, apesar de conhecê-lo.

Por fim, consideramos que este trabalho, e os princípios construídos, contribuem tanto para indicar formas de trabalho, quanto para sugerir novas pesquisas ou o desenvolvimento de novas intervenções mediadas pelas TDIC em contextos semelhantes, ou com outros espaços de interação (outras redes sociais), dando seguimento ao aprimoramento do processo de pesquisa aqui apresentado, favorecendo o planejamento e a análise de futuras intervenções.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — Brasil (CAPES) — Código de Financiamento 001.

## Referências

- Barnett, M., Keating, T., Harwood, W., & Saam, J. (2002). Using Emerging Technologies To Help Bridge The Gap Between University Theory And Classroom Practice: Challenges And Successes. *School Science And Mathematics, 102*(6), 299–312. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2002.tb17887.x>
- Blonder, R., & Shelley, R. (2015). I Like Facebook: Exploring Israeli High School Chemistry Teachers' TPACK And Self-Efficacy Beliefs. *Education and Information Technologies, 22*, 697–724. <http://dx.doi.org/10.1007/s10639-015-9384-6>

Braaten, M., & Windschitl, M. (2011). Working Toward A Strong Conceptualization Of Scientific Explanation For Science Education. *Science Education*, 95(4), 639–669. <https://doi.org/10.1002/sce.20449>

Chassot, A. (2000). *Alfabetização Científica: Questões E Desafios Para A Educação*. Editora Unijuí.

Coll, M., & Monereo, C. (Orgs.) (2010). *Psicologia Da Educação Virtual: Aprender E Ensinar Com As Tecnologias Da Informação E Comunicação*. Arned.

Diogo, R. C., & Gobara, S. T. (29 de Janeiro–02 de Fevereiro, 2007). *Sociedade, Educação E Ensino De Física No Brasil: Do Brasil Colônia Ao Fim Da Era Vargas*. XVII Simpósio Nacional De Ensino De Física, São Luís, Maranhão.

Edelson, D. C. (2002.). Design Research: What We Learn When We Engage In Design. *The Journal of the Learning Science*, 11(1), 105–121. [https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1101\\_4](https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1101_4)

Engeström, Y. (1999). Innovative Learning In Work Teams: Analyzing Cycles Of Knowledge Creation In Practice. In Y. Engeström, R. Miettinen, & R-J. Punamäki (Eds.), *Perspectives On Activity Theory* (pp. 377–404). Cambridge University Press.

Engeström, Y., & Sannino, A. (2010). Studies Of Expansive Learning: Foundations, Findings And Future Challenges. *Educational Research Review*, 5(1), 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2009.12.002>

Engeström, Y., & Sannino, A. (2011). Discursive Manifestations Of Contradictions In Organizational Change Efforts: A Methodological Framework. *Journal Of Organizational Change Management*, 24(3), 368–387. <https://doi.org/10.1108/095348111111132758>

Engeström, Y. (2012). Aprendizagem Expansiva: Por Uma Conceituação Pela Teoria Da Atividade. In K. Illeris (Org.), *Teorias Contemporâneas Da Aprendizagem* (pp. 68–90). Editora Penso.

Enyedy, N., & Hoadley, C. M. (2006). From Dialogue To Monologue And Back: Middle Spaces In Computer-Mediated Learning. *Computer-Supported Collaborative Learning*, 1, 413–439. <https://doi.org/10.1007/s11412-006-9000-2>

Friedman, A. J., & Ginsburg, A. (2013). *Monitoring What Matters About Context And Instruction In Science Education: A Naep Data Analysis Report*. <https://www.nagb.gov/reports-media/reports/monitoring-what-matters.html>

Gaspar, A. (2004). Cinquenta Anos De Ensino De Física. *Educação: Revista De Estudos Da Educação*, Ano 13, (21), 71–91.

Gunawardena, C. N., Lowe, C. A., & Anderson, T. (1997). Analysis Of A Global Online Debate And The Development Of An Interaction Analysis Model For Examining Social Construction Of Knowledge In Computer Conferencing. *Journal Of Educational Computing Research*, 17(4), 397–431. <https://doi.org/10.2190/7MQV-X9UJ-C7Q3-NRAG>

- Henri, F. (1992). Computer Conferencing And Content Analysis. In A. R. Kaye (Ed.), *Collaborative Learning Through Computer Conferencing* (pp. 117–136). Springer-Verlag.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking Science: Language, Learning, And Values*. Greenwood Press.
- Maltese, A. V., & Tai, R. H. (2010). Eyeballs In The Fridge: Sources Of Early Inter. *International Journal of Science Education*, 32(5), 669–685. <https://doi.org/10.1080/09500690902792385>
- Mcneill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting Students' Construction Of Scientific Explanations By Fading Scaffolds In Instructional Materials. *Journal Of The Learning Sciences*, 15(2), 153–191. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls1502\\_1](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1502_1)
- Mckenney, S., & Reeves, T. (2012). *Conducting Educational Design Research*. Routledge.
- Mckenney, S. & Reeves, T. C. (2019). *Conducting Educational Design Research* (2nd ed.). Routledge.
- Mckenney, S., Nieveen, N., & Van den Akker, J. (2006). Design Research From A Curriculum Perspective. In J. Van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen (Eds.), *Educational Design Research* (pp. 67–90). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203088364>
- Mishra, P., & Koehler, M. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework For Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Moreira, M. A. (2018). Uma Análise Crítica Do Ensino De Física. *Estudos Avançados*, 32(94), 73–80. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0006>
- Mwanza, D. (2001, June 09–13). *Where Theory Meets Practice: A Case For An Activity Theory-Based Methodology To Guide Computer System Design*. Proceedings Of Interact' 2001: Eighth Ifip Tc 13 Conference On Human-Computer Interaction, Tokyo, Japan.
- Nieveen, N., Mckenney, S., & Van den Akker, J. (2006). Educational Design Research: The Value Of Variety. In J. Van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen (Eds.), *Educational Design Research* (pp. 151–158). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203088364>
- Nieveen, N. (2009). Formative Evaluation In Educational Design. In T. Plomp, N. Nieveen (Eds.), *An Introduction To Educational Design Research* (pp. 89–101). Slo.
- Nolan, C. (Direção). (2014). *Interstellar* [Filme]. Warner Bros.
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I., & McGillicuddy, K. (1996). *Explaining science in the classroom*. Open University Press.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science Education In Europe: Critical Reflections*. The Nuffield Foundation.

- Pedrisa, C. M. (2001). Características Históricas Do Ensino De Ciências. *Ciências em Foco*, 1(1), 1–7. <https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/cef/article/view/9161>
- Pimentel, D. S., & Mcneill, K. L. (2013). Conducting Talkin Secondary Science Classrooms: Investigating Instructional Moves And Teachers' Beliefs. *Science Education*, 97(3), 367–394. <https://doi.org/10.1002/sce.21061>
- Plomp, T., Nieveen, N., Nonato, E., & Matta, A. (2018). *Pesquisa-Aplicação Em Educação: Uma Introdução*. Artesanato Educacional Ltda.
- Rap, S., & Blonder, R. (2016). Let's Face(Book) It: Analyzing Interactions In Social Network Groups For Chemistry Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 62–76. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9577-1>
- Reeves, T. C. (2000). Socially Responsible Educational Technology Research. *Educational Technology*, 40(6), 19–28. <http://www.jstor.org/stable/44428634>
- Reeves, T. C. (2006). Design Research From A Technology Perspective. In J. Van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen (Eds.), *Educational Design Research* (pp. 52–66). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203088364>
- Rogoff, B. (1998). Observando A Atividade Sociocultural Em Três Planos: Apropriação Participatória, Participação Guiada E Aprendizado. In J. V. Wertsch, P. Del Río, A. Alvarez, A. (Eds.), *Estudos Socioculturais Da Mente* (pp 123–142). Artmed.
- Rogoff, B. (2005). *A Natureza Cultural Do Desenvolvimento Humano*. Artmed.
- Rosa, C. W., & Rosa, A. B. (2005). Ensino De Física: Objetivos E Imposições No Ensino Médio. *Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias*, 4(1), 1–18. [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART2\\_Vol4\\_N1.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N1.pdf)
- Rosa, C. W., & Rosa, A. B. (2007). Ensino Da Física: Tendências E Desafios Na Prática Docente. *Revista Iberoamericana De Educación*, 43(1), 1–12. <https://rieoei.org/RIE/article/view/2343>
- Rosa, C. W., & Rosa, A. B. (2012). O Ensino De Ciências (Física) No Brasil: Da História Às Novas Orientações Educacionais. *Revista Ibero-Americana De Educação*, 58(2), 1–24. <https://doi.org/10.35362/rie5821446>
- Santaella, L. (2013). *Leitor Prossumidor: Desafios Da Ubiquidade Para A Educação*. Revista Ensino Superior Unicamp. <https://www.revistaensinosuperior.gr.unicamp.br/artigos/desafios-da-ubiquidade-para-a-educacao>
- Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-Based Research And Technology-Enhanced Learning Environments. *Education Technology Research And Development*, 53(4), 5–23. <https://doi.org/10.1007/BF02504682>
- Wertsch, J. V. (2008). The Narrative Organization Of Collective Memory. *Ethos*, 36(1), 120–135. <https://www.jstor.org/stable/20486564>

Wertsch, J. V., Del Río, P., & Alvarez, A. (1998). *Estudos Socioculturais Da Mente*. Artmed.

 **Raul dos Santos Neto**

Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio de Janeiro  
Petrópolis, Rio de Janeiro, Brasil  
raul.neto@cefet-rj.br

 **Susan McKenney**

Universidade Twente  
Enschede, Overijssel, Países Baixos  
susan.mckenney@utwente.nl

 **Miriam Struchiner**

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil  
miriamstru@ufrj.br

**Editora Responsável**

Silvania Sousa do Nascimento

---

#### **Manifestação de Atenção às Boas Práticas Científicas e de Isenção de Interesse**

Os autores declaram ter cuidado de aspectos éticos ao longo do desenvolvimento da pesquisa e não ter qualquer interesse concorrente ou relações pessoais que possam ter influenciado o trabalho relatado no texto.

---