

DIFERENÇAS FINITAS NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR: MEDIAÇÃO DO PROFESSOR

Caires Alberto Sassupe*



<https://orcid.org/0000-0003-1651-7322>

Armando da Assunção Soares**



<https://orcid.org/0000-0003-1860-2432>

Manuel José Cabral dos Santos Reis***



<https://orcid.org/0000-0002-8872-5721>

Paula Maria Machado Cruz Catarino****



<https://orcid.org/0000-0001-6917-5093>

RECIBIDO: 04/09/2025 / ACEPTADO: 14/12/2025 / PUBLICADO: 15/01/2026

Cómo citar: Sassupe, C., Soares, A., Reis, M., Catarino, P. (2026). Diferenças Finitas na Resolução de Problemas de Transferência de Calor: Mediação do Professor. *Telos: Revista de Estudos Interdisciplinares em Ciências Sociais*, 28(1), 220-228. www.doi.org/10.36390/telos281.20

RESUMO

No presente trabalho, investiga-se uma abordagem da mediação do Professor na aplicação do Método das Diferenças Finitas (MDF) para a resolução de problemas de transferência de calor por condução em corpos sólidos, com recurso à Teoria das Situações Didáticas (TSD). Trata-se de um estudo qualitativo enquadrado num desenho quase experimental em sala de aula, com o objetivo de investigar estratégias adequadas ao ensino e à aprendizagem do MDF de modo a promover o desenvolvimento de competências dos Estudantes. A amostra está constituída por 17 estudantes universitários de uma população composta por 68, da Escola Superior Pedagógica do Bié-Angola, dos cursos de Licenciatura em Ensino da Física e Ensino da Matemática e pelo professor-investigador. Recorreu-se à análise de conteúdo e as estatísticas. Com este estudo apresenta-se uma estratégia didática (TSD) que permite melhorar o processo de ensino e de aprendizagem com vista ao desenvolvimento de competências dos estudantes na aplicação do MDF. A investigação foca-se na resolução de problemas de transferência de calor por condução em corpos sólidos, tendo em atenção a mediação do Professor na promoção de aprendizagens mais envolventes e significativas dos Estudantes.

Palavras-chave: Transferência de Calor; Método das Diferenças Finitas; Mediação do Professor; Teoria das Situações Didáticas.

Finite Differences in Solving Heat Transfer Problems: Teacher Mediation

ABSTRACT

In the present work, an approach to Teacher mediation in the application of the Finite Difference Method (MDF) to solve heat transfer problems by conduction in solid bodies is investigated, using the Theory of Didactic Situations (TSD). This is a qualitative study framed in a quasi-experimental design in the classroom, with the objective of investigating appropriate strategies for teaching and learning MDF to promote the development of Student skills. The sample is made up of 17 university students from a population of 68, from the Higher Pedagogical School of Bié-Angola, from the Degree courses in Physics Teaching and Mathematics Teaching and the teacher-researcher. The research used content analysis and statistics. With this study presents a didactic strategy (TSD) that allows improving the teaching and learning process with a view to developing students' skills in applying MDF. The research focuses on solving problems of heat transfer by conduction in solid bodies, keeping in mind the Teacher's mediation in promoting more engaging and meaningful learning for Students.

Keywords: Heat transfer; Finite Difference Method; Teacher Mediation; Theory of Didactic Situations.

Introdução

O calor é a energia térmica em trânsito devido a uma diferença de temperaturas no espaço (Bergman et al., 2014). Os principais mecanismos físicos que fundamentam a transferência de calor são a condução, a convecção e a radiação (Bergman et al., 2014; Abdulack, 2024). Condução é a transferência de energia térmica entre átomos e/ou moléculas vizinhas, de uma substância, devido a um gradiente de temperatura, das partículas mais energéticas para as partículas adjacentes menos energéticas, como resultado da interação entre partículas. Convecção é a transferência de energia devido ao movimento de um fluido, quando ocorre entre uma superfície sólida e o fluido adjacente em movimento, envolve os efeitos combinados de condução e movimento do fluido. Radiação é a transferência de energia devido à emissão de ondas eletromagnéticas. (Çengel et al., 2019)

Os problemas de transferência de calor por condução em corpos sólidos, podem envolver diversas variáveis. Na sua resolução, aconselha-se a considerar, não só a possível equação diferencial que descreve o problema, mas também as condições

* Autor de correspondência. Mestre. Escola Superior Pedagógica do Bié, Bié, Angola. cairesalbertosassupe@gmail.com

** Professor Doutor. Universidade de Trás-os-Montes. Vila Real, Portugal. asoares@utad.pt

*** Professor Doutor. Universidade de Trás-os-Montes. Vila Real, Portugal. mcabral@utad.pt

**** Professora Doutora. Universidade de Trás-os-Montes. Vila Real, Portugal. pcatarin@utad.pt

iniciais e de fronteira que estejam presentes no problema real. Esse tipo de problemas pode apresentar várias, uma ou nenhuma solução. Estas soluções podem ser analíticas, numéricas ou gráficas.

As limitações dos métodos analíticos maioritariamente usados por Professores e as dificuldades na adoção e adaptação de alternativas pedagógicas inovadoras com vista a resolução dos problemas de transferência de calor, constituem-se na problemática que instiga a busca por estratégias alternativas e inovadoras que possam potenciar as aprendizagens dos estudantes por intermédio do papel da mediação do Professor.

O papel do Professor como mediador é de capital importância na orientação das aprendizagens dos estudantes. Araújo et al. (2019 citando Smetana & Bell, 2012; Hsu et al., 2015) realçam que, independentemente da fonte da orientação, essa orientação deve ser sempre adaptada às necessidades dos estudantes, ao seu conhecimento e experiência.

No presente estudo, a atenção está direcionada para os métodos numéricos, com realce para o Método das Diferenças Finitas (MDF), recorrendo à Teoria das Situações Didáticas (TSD) que tem despertado a atenção de investigadores de distintas áreas do saber científico, técnico e tecnológico.

Para Pereira (2017), da Silva e Junior (2023), o MDF consiste na substituição das equações diferenciais por equações de diferenças finitas. Este procedimento, tem como objetivo a discretização do domínio em $N + 1$ pontos ou nós. Estas diferenças finitas podem ser obtidas, por exemplo a partir do conceito de derivada, ou ainda com base na série de Taylor.

Na resolução de um problema, como o de transferência de calor por condução unidimensional em corpos sólidos, aplicando o MDF, transforma-se um problema contínuo num problema discreto. O processo de discretização envolve a aproximação das derivadas por diferenças finitas, transformando as equações diferenciais em equações algébricas de modo a serem resolvidas numericamente. (Mochnacki et al., 2013 citados por Wahyudi et al., 2021)

A TSD, por outro lado, é um campo de estudo da Educação Matemática que se concentra na forma como os estudantes constroem conhecimento matemático através de diferentes situações de aprendizagem. Esta teoria enfatiza a importância de proporcionar aos estudantes problemas autênticos, desafiadores e significativos, que os levem a refletir sobre conceitos e procedimentos matemáticos e a construir o seu próprio conhecimento.

Além disso, a TSD, procura criar um modelo de interação entre o estudante, o saber e o meio no qual a aprendizagem deve desenrolar-se. Esta teoria foi desenvolvida por Guy Brousseau (1986) no intuito de criar um modelo para o processo de ensino e de aprendizagem dos conceitos matemáticos e afins. Nesta perspetiva, Brousseau (1975 citado por Almoloud, 2010), destaca que: um processo de aprendizagem pode ser caracterizado de modo geral (se não determinado) por um conjunto de situações identificáveis (naturais ou didáticas) reproduzíveis, conduzindo frequentemente à modificação de um conjunto de comportamentos de estudantes, modificação característica da aquisição de um determinado conjunto de conhecimentos.

Nesta Teoria, o objeto central de estudo não é o sujeito cognitivo, mas sim, a situação didática, na qual são identificadas as interações estabelecidas entre Professor, estudante e saber, que ocorrem num determinado meio.

Brousseau (1978 citado por Almoloud, 2010) subdivide a TSD em duas partes, nomeadamente, a situação didática e a situação a-didática, definindo-as da seguinte forma: uma situação didática corresponde ao conjunto de relações estabelecidas explicitamente e/ou implicitamente entre um estudante ou grupo de estudantes, um certo meio (contendo eventualmente instrumentos ou objetos) e um sistema educativo (o Professor) para que esses estudantes adquiram um saber constituído ou em constituição.

Para uma situação a-didática, como parte essencial da situação didática, defende-se que é uma situação na qual a intenção de ensinar não é revelada ao estudante, mas foi imaginada, planificada e construída pelo Professor para proporcionar a este, condições favoráveis para a apropriação do novo saber que se deseja ensinar.

Nesta perspetiva, Brousseau (1986 citado por Almoloud, 2010) afirma que uma situação a-didática tem as seguintes características: o problema matemático (ou outro) é escolhido de modo a que possa fazer o estudante agir, falar, refletir e evoluir por iniciativa própria; o problema é escolhido para que o estudante adquira novos conhecimentos que sejam inteiramente justificados pela lógica interna da situação e que possam ser construídos sem apelo às razões didáticas; o Professor assumindo o papel de mediador, cria condições para o estudante ser o principal ator da construção dos seus conhecimentos a partir da(s) atividade(s) proposta(s).

Assim, no processo de planificação de uma situação didática, recorrendo à TSD, Brousseau (1998 citado por Almoloud, 2010) aconselha a considerar as situações, seguintes: ação, formulação, validação e institucionalização.

A situação de ação, consiste em colocar o estudante numa situação, tal que: apresenta-se um problema para o estudante cuja melhor solução, nas condições propostas, é o conhecimento a ensinar; o estudante possa agir sobre essa situação e que ela lhe retorne informações sobre a sua ação.

Na situação de formulação, o estudante partilha informações com uma ou várias pessoas, que serão os emissores e recetores, trocando mensagens escritas ou orais. Estas mensagens podem estar redigidas em linguagem natural, matemática, ou outra, segundo cada emissor. Como resultado, esta etapa permite criar um modelo explícito que pode ser formulado com sinais e regras comuns, já conhecidas ou novas. É o momento em que o estudante ou o grupo de estudantes explicita, por escrito ou oralmente, as ferramentas que utilizou e a solução encontrada.

Na situação de validação, o estudante deve mostrar a validade do modelo por ele criado, submetendo a mensagem matemática (modelo da situação), ou outra, ao julgamento de um interlocutor. De um lado, o emissor deve justificar a exatidão e a pertinência de seu modelo e fornecer, se possível, uma validação semântica e sintática. O recetor, por sua vez, pode pedir mais explicações ou rejeitar as mensagens que não entende ou de que discorda, justificando a sua rejeição. Assim, a teoria funciona nos debates científicos e nas discussões entre estudantes, como modo de estabelecer provas ou de refutá-las.

Na situação de institucionalização, o Professor fixa convencionalmente e explicitamente o estatuto cognitivo do saber. Uma vez construído e validado, o novo conhecimento vai fazer parte do património matemático (ou outro) da classe, embora não tenha ainda o estatuto de saber social: se feita muito cedo, a institucionalização interrompe a construção do significado, impedindo uma aprendizagem adequada e produzindo dificuldades para o Professor e para os estudantes; quando feita após o momento adequado, ela reforça interpretações inexatas, atrasa a aprendizagem, dificulta as aplicações; é negociada numa dialética.

Depois da institucionalização, feita pelo Professor, o saber torna-se oficial e os estudantes devem incorporá-lo nos seus esquemas mentais, tornando-o assim disponível para utilização na resolução de problemas matemáticos ou outros. (Almouloud, 2010)

Nesta perspetiva, Dorier (2008 citado por Teixeira & Fontenele, 2017), apontam que os problemas no ensino e na aprendizagem estão associados, não só ao carácter complexo e abstracto dos conceitos e definições de uma certa Unidade Curricular ou Temática Específica, bem como a fatores históricos, didáticos e epistemológicos.

Neste contexto, o papel da mediação do Professor torna-se relevante, uma vez que as ações de mediação do Professor têm influência no envolvimento produtivo dos estudantes e, por conseguinte, na sua aprendizagem. (Engel & Conant, 2002; Cunha et al., 2014; citados por Araújo et al., 2019)

Cunha et al. (2014 citados por Araújo et al., 2019) concluíram que determinadas ações de mediação do Professor estão associadas a um maior envolvimento produtivo do estudante, enquanto outras o reduzem. Estes autores defendem também que, se o Professor constantemente interferir na atividade do estudante, se responder de imediato às questões que lhe são colocadas, privando os estudantes de obterem por si próprios as respostas, pode levar à situações de não envolvimento ou a uma redução do envolvimento.

Uma das grandes dificuldades na resolução de problemas, em particular os de transferência de calor, relaciona-se com a forma de tratamento (estratégia de ensino utilizada) que pode estar muito distante de promover a aprendizagem significativa dos estudantes. Daí que vários investigadores, preocupados com a problemática têm vindo a realizar estudos no sentido de se obter estratégias de ensino que sirvam como alternativa didática para a promoção de aprendizagens significativas dos estudantes, como defendido por Lima et al. (2016, p. 66) realçando que:

a aprendizagem de Equações Diferenciais com Derivadas Parciais não é uma tarefa simples para os estudantes, por isso, o papel do Professor é fundamental para que o assunto seja tratado de forma adequada, com cuidado para que tais estudantes possam aprender de forma consistente, e em um prazo relativamente curto, as técnicas ou métodos mais simples de resoluções, procurando interpretar as diversas partes que constituem a Equação Diferencial, uma vez na posse desse conhecimento, o estudante se torna capaz de descrever, através das Equações Diferenciais com Derivadas Parciais, problemas em diversas áreas do conhecimento.

Esta procura crescente por novas estratégias de ensino tem ganho lugares prioritários, principalmente em ambientes universitários, visto que estratégias e metodologias de ensino que potenciam o processo de aprendizagem mais eficaz e estimulante são cada vez mais escassas atendendo à complexidade do próprio processo, como advogado por Lima et al. (2016, p. 66) referindo que: o processo de ensino-aprendizagem é bastante complexo, no entanto, a utilização de artifícios alternativos melhora a percepção dos estudantes frente ao objecto de estudo. Desse modo, o desenvolvimento de ferramentas que sejam capazes de desenvolver a curiosidade e percepção dos estudantes são importantes para a aprendizagem e para a diminuição do tempo necessário para a maturação dos conceitos e procedimentos.

Nesta perspetiva, Dorier (2008 citado por Teixeira & Fontenele, 2017) afirma que determinadas dificuldades de ensino e de aprendizagem podem constituir-se num obstáculo de ordem didática se o entrave para sua superação encontrar resistência por conta de escolhas equivocadas feitas pelo Docente.

Com este estudo pretende-se investigar a eficácia da mediação do Professor no ensino e aprendizagem do MDF para a resolução de problemas de transferência de calor, utilizando a TSD com vista ao desenvolvimento de competências dos estudantes.

METODOLOGIA

No desenvolvimento deste trabalho recorreu-se a um estudo qualitativo, que de acordo com Sampieri et al. (2013, p. 376) “tem como foco compreender e aprofundar os fenómenos, que são explorados a partir da perspetiva dos participantes em um ambiente natural e em relação ao contexto”. De entre os vários métodos utilizados, destaca-se, a análise de conteúdo, que de acordo com Bardin (1977, p. 31) “consiste num conjunto de técnicas de análise de comunicações que usam procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens”, bem como as estatísticas, que de acordo com Carmo e Ferreira (2008, p. 89) “fornece de forma económica, informações sobre grandes agregados populacionais, permitindo visões de conjunto indispensáveis a quem pretende entender certos fenómenos sociais complexos numa perspectiva holística”. Trata-se de um estudo quase-experimental em sala de aula com um desenho de pré-pós testes de grupo único, que de acordo com Shaughnessy et al. (2012, p. 327), “são aqueles que contêm algum tipo de intervenção ou tratamento e possibilitam fazer uma comparação, mas não possuem o grau de controlo encontrado em experimentos verdadeiros”.

As aulas decorreram no ano letivo de 2023/2024 e estiveram ligadas às Unidades Curriculares de Métodos Matemáticos da Física e de Equações Diferenciais com Derivadas Parciais, lecionadas aos estudantes do 4.º Ano dos Cursos de Licenciatura em Ensino da Física e da Matemática da Escola Superior Pedagógica do Bié-Angola. Participaram das mesmas, 17 estudantes afetos ao subgrupo denominado “Grupo Experimental 2”, de um total de 68 Estudantes inscritos nas Unidades Curriculares, ora mencionadas, selecionados de forma convencional (ou seja, não aleatória), tendo em conta o método não probabilístico e um Professor (Investigador Responsável). Os estudantes participantes incluem-se na faixa etária entre 21 e 53 anos.

A intervenção didática consistiu na realização de um pré-teste e de um pós-teste com a duração de 90 minutos cada, bem como na lecionação de duas aulas com duração de 90 minutos cada que estiveram relacionadas com a resolução de problemas de transferência de calor permanente e transiente aplicando o MDF com recurso à TSD.

Para o conhecimento do estado da arte sobre a problemática em estudo, foram rastreados vários trabalhos (artigos e livros) de diferentes bases de dados, como a Scielo, a Web of Science e outras, utilizando operadores booleanos, tais como and, or, e as palavras-chave, Transferência de Calor, Método das Diferenças Finitas, Mediação do Professor, Teoria das Situações Didáticas e, alguns critérios de inclusão utilizados foram: seleção de trabalhos representativos da linha e do foco de investigação.

Com aplicação do pré-teste e do pós-teste procurou-se aferir o rendimento pedagógico dos estudantes envolvidos. Estes instrumentos (pré e pós-testes) foram elaborados de forma diferenciada, mas tendo em conta o mesmo conteúdo com o intuito de mensurar o nível de conhecimento dos estudantes na temática investigada. Dos pré e pós-testes destaca-se no presente estudo as questões em Apêndice A, consideradas abertas, que de acordo com Sampieri et al. (2013, p. 239) “são aquelas que não delimitam de

antemão as alternativas de respostas”. Para tal, procurou-se determinar os ganhos individuais dos estudantes tendo em conta a seguinte escala: Muito elevado, Elevado, Regular e Baixo adaptada da equação de Hake (1998), seguinte:

$$g = \frac{(\%[pós teste] - \%[pré teste])}{(100\% - \%[pré teste])} \quad (1),$$

Que considera baixo um ganho menor ou igual do que 30 %, médio um ganho maior ou igual do que 30 % e menor do que 70 % e alto um ganho maior ou igual do que 70 %, tendo em conta a categorização do processo objeto de estudo, em Dados, Equações e Resolução. Os ganhos coletivos foram obtidos tendo em conta a mesma equação (1).

A categoria Dados representa a forma como os estudantes ao longo do tratamento dos problemas fizeram a exploração (extração) dos dados do problema, mediante a leitura e a interpretação do problema para a identificação das informações disponíveis no enunciado, bem como as não disponíveis, mas necessárias para a prossecução da atividade.

A categoria Equações representa a forma como os estudantes ao longo do tratamento dos problemas fizeram a dedução/indução das equações diferenciais que descrevem o problema em função dos dados anteriormente explorados.

A categoria Resolução representa a forma como os estudantes ao longo do tratamento dos problemas determinaram as soluções numéricas, tendo em conta as etapas precedentes.

Nesta perspetiva, ao analisar-se o conjunto das respostas dadas (obtidas) em função do enfoque da TSD, direcionou-se particularmente a atenção para alguns aspetos da mediação do Professor relacionados com as “dinâmicas de aprendizagem mediada e aprendizagem auto-regulada”. (Lopes, et al., 2010, p. 7)

As categorias de análise, foram definidas a priori, o que permitiu à partida formular como hipótese a probabilidade de encontrar excertos das respostas dadas pelos estudantes que coadunassem com as quatro etapas da TSD, nomeadamente: as situações de ação, de formulação, de validação e de institucionalização.

No processo de tratamento dos dados recolhidos foram também utilizados alguns códigos conforme se apresentam nas notas seguintes:

Nota 1: A1 = Primeiro Indivíduo do Grupo; A2 = Segundo Indivíduo do Grupo; ...

Nota 2: 0 = Não Conseguiu Apresentar; 1 = Conseguiu Apresentar.

RESULTADOS

Quadro 1.

Respostas Individuais dos estudantes à questão dos Pré e Pós-Testes de acordo com as categorias Dados, Equações, Resolução e respetivos ganhos normalizados

Q20	Dados		Equações		Resolução	
	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste
Respostas Dadas (A1)	0	1	0	0	0	0
<g>	Elevado		Baixo		Baixo	
Respostas Dadas (A2)	0	1	0	0	0	0
<g>	Elevado		Baixo		Baixo	
Respostas Dadas (A3)	0	1	0	1	0	1
<g>	Elevado		Elevado		Elevado	
Respostas Dadas (A4)	0	0	0	0	0	0
<g>	Baixo		Baixo		Baixo	
Respostas Dadas (A5)	0	1	0	0	0	0
<g>	Elevado		Baixo		Baixo	
Respostas Dadas (A6)	0	1	0	1	0	1
<g>	Elevado		Elevado		Elevado	
Respostas Dadas (A7)	0	1	0	1	0	1
<g>	Elevado		Elevado		Elevado	
Respostas Dadas (A8)	0	1	0	0	0	0
<g>	Elevado		Baixo		Baixo	
Respostas Dadas (A9)	0	0	0	0	0	0
<g>	Baixo		Baixo		Baixo	
Respostas Dadas (A10)	0	1	0	0	0	0
<g>	Elevado		Baixo		Baixo	
Respostas Dadas (A11)	0	1	0	0	0	0
<g>	Elevado		Baixo		Baixo	
Respostas Dadas (A12)	0	1	0	0	0	0
<g>	Elevado		Baixo		Baixo	

Respostas Dadas (A13)	0	1	0	0	0	0
<g>	Elevado		Baixo		Baixo	
Respostas Dadas (A14)	1	1	0	1	0	1
<g>	Muito Elevado		Elevado		Elevado	
Respostas Dadas (A15)	0	1	0	0	0	0
<g>	Elevado		Baixo		Baixo	
Respostas Dadas (A16)	0	1	0	0	0	0
<g>	Elevado		Baixo		Baixo	
Respostas Dadas (A17)	0	1	0	1	0	0
<g>	Elevado		Elevado		Baixo	

Assim, relativamente ao desempenho individual obtido na resolução da questão proposta conforme ilustrado no quadro 1 e considerando-se as três categorias já mencionadas, percebe-se que:

- Na categoria Dados, o estudante A14 obteve um desempenho Muito Elevado; os estudantes A4 e A9 obtiveram um desempenho Baixo; os estudantes restantes obtiveram um desempenho Elevado.
- Na categoria Equações, os estudantes A3, A6, A7, A14 e A17 obtiveram um desempenho Elevado; os estudantes restantes obtiveram um desempenho Baixo.
- Na categoria Resolução, os estudantes A3, A6, A7 e A14 obtiveram um desempenho Elevado; os estudantes restantes obtiveram um desempenho Baixo.

Para os ganhos coletivos foi considerada a equação (1) de Hake (1998) e os resultados foram os seguintes:

Quadro 2.

Respostas coletivas dos estudantes à questão dos Pré e Pós-Testes de acordo com as categorias Dados, Equações, Resolução e respetivos ganhos normalizados

Q20	Dados		Equações		Resolução	
	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste	Pré-Teste	Pós-Teste
Respostas certas	1	15	0	5	0	4
<g> (%)	87,50		29,41		23,53	

No entanto, relativamente ao desempenho coletivo obtido na resolução da questão proposta, considerando as três categorias já mencionadas (Dados, Equações e Resolução) conforme ilustrado no quadro 2, percebe-se que:

- Na categoria Dados, os estudantes de um modo geral, obtiveram um ganho normalizado de nível Alto (isto é, $\langle g \rangle$ foi maior ou igual do que 70 %), correspondente à 87,50 %;
- Na categoria Equações, os estudantes de um modo geral, obtiveram um ganho normalizado de nível Baixo (isto é, $\langle g \rangle$ foi menor do que 30 %), correspondente à 29,41 %;
- Na categoria Resolução, os estudantes de um modo geral, obtiveram um ganho normalizado de nível Baixo (isto é, $\langle g \rangle$ foi menor do que 30 %), correspondente à 23,53 %.

Para aferir-se alguns aspetos relacionados com a mediação do Professor recorreu-se ao enfoque da TSD, que permitiu a categorização dos dados (resultados obtidos) conforme ilustrado no quadro 3, seguinte:

Quadro 3.

Resultados da Mediação do Professor em função da TSD

Situação	Categoria	Indicador	Unidade de Registo
de Ação	Colocação do Estudante numa Situação de Ação	Disponibilização de um Problema para o Estudante Solicitação da ação do Estudante no problema	1-Como as sessões realizadas (aulas) pressupunham a realização de tarefa de aproximação à resolução de problemas de transferência de calor por métodos analíticos, no final da aula anterior os estudantes foram informados do tipo de tarefa que estava prevista. 2-Esta tarefa, constituída por subtarefas, foi delineada para, ao longo das sessões (aulas), funcionar como aproximação a novos conceitos e procedimentos em situações concretas e no contexto de formação. 3-No final, em termos da resolução do problema de transferência de calor, referenciou-se o ainda desconhecido Método das Diferenças Finitas como assunto central das sessões (aulas) a serem realizadas.
de Formulação	Promoção da Partilha de Informações	Partilha de informações com uma ou várias pessoas...	4-Face à informação prévia do trabalho a realizar, os estudantes reagiram naturalmente à proposta de resolução de uma tarefa (situação-problema).

	Disponibilização de condições para a construção de uma linguagem compreensível...	Criação de um modelo explícito...	5-Os estudantes envolveram-se positivamente na realização da tarefa proposta e a postura, quer individual, quer em termos de grupo, foi sempre adequada. 6-Os estudantes foram se mostrando sempre muito dinâmicos e interventivos, tendo-se reconhecido o seu desempenho. Foi uma boa resposta ao desafio de considerarem este trabalho de delinear “as etapas para a solução da situação-problema” como se de um jogo se tratasse. 7-Da observação dos subgrupos formados, verificou-se que a maior parte esteve a extrair os dados corretamente, um número reduzido esteve a escrever as equações corretamente, bem como a determinar corretamente as soluções da situação-problema apresentado.
de Validação	Promoção da Validade do Modelo Criado	Justificação da Exactidão e da Pertinência do Modelo Criado Fornecimento de uma validação semântica e/ou sintática	8-Foi feita a seguinte questão, dirigida ao Grupo de estudantes: -Qual das versões do Método das Diferenças Finitas pode ser aplicada na resolução desta situação-problema? Já têm isso presente? -Versão Explícita–responderam alguns estudantes. -Versão Implícita–contrapunham outros estudantes. -Outros mantiveram-se em silêncio, o que significava que ainda não tinham dado passos significativos neste processo de resolução da situação-problema proposta. 9-Ouviram-se ainda outras respostas relacionadas com estas versões. Continuando dizia o Professor que: - Não sabia... nem iria dizer obviamente! 10-Mas ouve-se que alguns defendem a versão explícita, outros defendem a versão implícita e outros optam pelo silêncio. O Professor dizia que não sabia ... decidam.
de Institucionalização	Fixação convencional e explícita do estatuto cognitivo do saber	Fixação convencional do estatuto cognitivo do saber Fixação explícita do estatuto cognitivo do saber	11-Primeiro, com recurso a um exemplo do texto de apoio, o professor-investigador explorou as limitações do Método de Separação de Variáveis, face à complexidade das soluções construídas a partir deste Método Analítico. 12-E esta parte da aula foi finalizada, afirmando-se que as limitações dos Métodos Analíticos, como por exemplo o Método de Separação de Variáveis face a complexidade de certas situações-problemas (reais), seriam a base para a busca por Métodos Numéricos, como por exemplo o Método das Diferenças Finitas, cuja aprendizagem se seguia. 13-Decorrido algum tempo das sessões (aulas), avançou-se para a formalização do Método das Diferenças Finitas, reiterando a importância do assunto na aprendizagem da resolução de problemas de transferência de calor, em particular por condução (permanente e/ou transiente) em corpos sólidos. 14-Neste contexto, reforçou-se que o Método das Diferenças Finitas pode ser apresentado em ambas versões (Explícita e Implícita) dependendo da necessidade. 15-Nesta perspectiva, consolidou-se a importância da aplicação dos Métodos Numéricos, em particular o Método das Diferenças Finitas na resolução de problemas, com realce para os de transferência de calor por condução em corpos sólidos.

Fonte: Elaboração própria dos Autores, a partir dos dados da pesquisa

Discussão

A problemática da busca por metodologias de melhoria do processo de ensino e de aprendizagem das Ciências, em geral e da Resolução de Problemas de Transferência de Calor em particular, com destaque para a utilização do MDF recorrendo a TSD, onde a mediação do Professor pode influenciar significativamente na aprendizagem dos estudantes têm despertado a atenção de investigadores e outros agentes envolvidos neste processo.

Nesta perspectiva, Lopes et al. (2008b citados por Lopes et al., 2010), destacam que a mediação do Professor consiste nas ações e nas linguagens (naturais e outras) do Professor construídas e postas em prática como resposta sistemática aos desafios de aprendizagem dos estudantes nos seus percursos para atingir os resultados de aprendizagem (capacidades, valores, atitudes, conhecimentos e competências) pretendidos por um determinado currículo.

Assim, no presente estudo, de acordo com o Quadro 3, percebe-se que ao longo do processo de mediação didática das atividades desenvolvidas recorrendo as etapas da TSD de Brousseau (1986, citado por Almoloud, 2010), os Professores-investigadores tiveram

em conta alguns elementos, como por exemplo, a disponibilização de problemas de transferência de calor que foram tratados pelos estudantes aplicando-se o MDF, promovendo o envolvimento produtivo dos estudantes na atividade, garantindo a conversação entre os estudantes e entre os estudantes e o Professor, prestando suporte e autoridade aos estudantes, avaliando, dando e recebendo feedback aos estudantes, bem como na promoção de aprendizagens significativas, fazendo com que os estudantes sejam os principais atores da construção de seus conhecimentos a partir das atividades propostas.

Dos resultados constantes nos Quadros 1, 2 e 3, percebe-se que ao longo do processo de resolução de problemas, em particular dos problemas de transferência de calor por condução em corpos sólidos, podem surgir determinadas dificuldades por parte de alguns dos estudantes envolvidas não só com a exploração dos dados, mas também com a dedução e/ou indução de equações diferenciais que descrevem estes problemas, bem como na determinação das soluções candidatas, aplicando o MDF. Neste contexto torna-se relevante a busca por estratégias didáticas que contribuam na melhoria da problemática em estudo, como confirmam, Biasotto et al. (2020, p. 83188), realçando que “verifica-se a necessidade de se conhecer e divulgar alternativas pedagógicas, que possam ser utilizadas em ambientes formais de ensino, de modo a facilitar o processo de compreensão e de aprendizagem significativa nas áreas de Educação Matemática e afins”.

Assim, da leitura e interpretação preliminar dos resultados fornecidos nos Quadros 1, 2 e 3, foi possível aferir que houve progresso na resposta à questão dos pré e pós-testes, o que sugere uma melhoria na aprendizagem dos estudantes envolvidos na investigação, no que diz respeito à construção de conhecimentos, capacidades, etc. Isto traduz a relevância, a pertinência e a eficácia da estratégia didática investigada (TSD), implementada, do papel do Professor enquanto mediador das aprendizagens dos estudantes, bem como das particularidades de cada estudante envolvido na presente investigação.

O MDF e a TSD, embora sejam áreas distintas, podem relacionar-se de várias maneiras. Essa relação pode traduzir-se, não só na contextualização matemática, na exploração e descoberta, na generalização e abstração, mas também na reflexão e discussão do conhecimento construído, com destaque para os problemas de transferência de calor. Neste particular, a relação mencionada pode ser explicada da seguinte maneira:

- Na contextualização matemática: A TSD enfatiza a importância de fornecer problemas matemáticos que tenham relevância e significado para os estudantes. Ao aplicar as diferenças finitas é possível contextualizar a resolução de equações diferenciais em situações do mundo real, como a descrição de fenômenos físicos ou a previsão de comportamentos em sistemas dinâmicos. Essa contextualização pode tornar a aprendizagem mais significativa para os estudantes, pois eles podem ver a aplicação prática dos conceitos matemáticos.
- Na exploração e descoberta: A TSD valoriza o envolvimento ativo dos estudantes na construção de conhecimentos matemáticos e afins. Ao resolver problemas que envolvem equações diferenciais por meio do MDF, os estudantes podem explorar diferentes estratégias e descobrir padrões e relações matemáticas. Essa abordagem permite que os estudantes construam o seu próprio conhecimento em vez de apenas receberem informações prontas.
- Na generalização e abstração: Um dos objetivos da TSD é ajudar os estudantes a generalizar e abstrair conceitos e procedimentos matemáticos a partir de situações concretas. Ao usar o MDF para resolver problemas, os estudantes podem identificar regularidades nos resultados numéricos obtidos e desenvolver conjecturas sobre as relações matemáticas subjacentes. Essa habilidade de generalizar e abstrair é fundamental tanto para a compreensão das equações diferenciais, quanto para a aplicação do MDF.
- Na reflexão e discussão: A TSD enfatiza a importância da reflexão e da discussão entre os estudantes durante o processo de aprendizagem. Ao resolver problemas com o MDF, os estudantes podem compartilhar as suas estratégias, comparar resultados e discutir as limitações e as aproximações envolvidas no método. Essa troca de ideias promove a compreensão mais profunda dos conceitos e procedimentos matemáticos e permite que os estudantes construam conhecimentos de forma colaborativa.

Nesta perspectiva, a integração dos métodos numéricos, como é o caso do MDF, associados à TSD pode constituir-se numa ferramenta promotora de aprendizagens eficazes e significativas dos estudantes na problemática em estudo.

Com o presente trabalho pretende-se contribuir com uma estratégia didática, recorrendo à TSD para facilitar o processo de ensino e de aprendizagem da resolução de problemas em particular, problemas de transferência de calor por condução unidimensional em corpos sólidos, aplicando o MDF, promovendo uma adequada mediação do Professor e conseqüente melhoria das aprendizagens dos estudantes.

Conclusões

O estudo desenvolvido permitiu perceber a importância da mediação do Professor em tarefas orientadas para a aprendizagem de um determinado conhecimento conceitual e/ou procedimental, por parte dos estudantes, com realce para a resolução de problemas de transferência de calor por condução em corpos sólidos.

Em particular, da análise dos resultados obtidos, foi possível confirmar a relevância da TSD nas aulas administradas, conforme se pode aferir no Quadro 3, e que a mediação do Professor contribuiu para um maior envolvimento dos estudantes nas tarefas orientadas, garantindo a aquisição eficaz do conhecimento pelos estudantes.

A análise das respostas à questão dos pré e pós-testes sugere que as intervenções pedagógicas a que os estudantes foram submetidos podem constituir uma ferramenta potenciadora da melhoria das aprendizagens dos estudantes. Contudo é necessário desenvolver mais estudos para uma melhor avaliação da estratégia pedagógica mais adequada de acordo com as características da amostra de estudantes usada.

Uma abordagem integrada do MDF e da TSD pode promover aprendizagens mais eficazes da resolução de problemas de transferência de calor, fornecendo aos estudantes uma maneira significativa e interativa de desenvolverem competências relevantes para situações reais.

Declaración de Conflictos de Interés

No declara conflictos de interés.

Contribución de autores

Los autores declaran haber contribuido de forma equitativa en el desarrollo del documento.

Financiamiento

Ninguno.

Referencias

- Abdulack, S. A. (2024). Transferência de calor em geometria cilíndrica: uma abordagem interdisciplinar para um problema real. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 46, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0258>
- Almouloud, S. A. (2010). *Fundamentos de didática da Matemática*. Editora UFPR.
- Araújo, F. M.; Lopes, J. B.; Soares, A. A. & Cravino, J. P. (2019). Eficácia da mediação do professor no ensino da estrutura corpuscular da matéria. *Comunicações*, 26(2), 259-276. https://www.researchgate.net/publication/337777369_Eficacia_da_mediacao_do_professor_no_ensino_da_estrutura_corpuscular_da_materia
- Bardin, L. (1977). *Análise de Conteúdo*. Tradução: Luis Antero Reto e Augusto Pinheiro. Edições 70, Ltda.
- Bergman, T. L., Lavine, A. S., Incropera, F. P., & Dewitt, D. P. (2014). *Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa*. 7.ª Edição. Editora Gen LTC.
- Biasotto, L. C.; Fim, C. F.; Kripka, R. M. L. (2020). A teoria da aprendizagem significativa de David Paul Ausubel: uma alternativa didática para a educação matemática. *Brazilian Journal of Development*, 6(10), 83187-83201. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-668>
- Carmo, H. & Ferreira, M. M. (2008). *Metodologia da Investigação: Guia para Auto-Aprendizagem*. Universidade Aberta.
- Çengel, Y. A., Boles, M. A. & Kanoglu, M. (2019). *Thermodynamics: An Engineering Approach*. 9th Edition. Mc Graw Hill Education.
- da Silva, L. C. & Junior, P. C. N. (2023). Determinação dos coeficientes do Método das Diferenças Finitas. *Research, Society and Development*, 12(2), e10712239946. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i2.39946>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-Engagement vs. Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses. *Reports-Research*, 143, p. 1-2, ERIC. https://www.researchgate.net/publication/228710512_Interactive-Engagement_Versus_Traditional_Methods_A_Six-Thousand-Student_Survey_of_Mechanics_Test_Data_for_Introductory_Physics_Courses
- Lima, W. M.; Dos Santos, M. D.; Roque, W. L.; Lima, R. S.; De Sá, R. R. M.; & Meira, D. A. (2016). Uma ferramenta computacional para suporte nos processos de ensino e aprendizagem de equações diferenciais parciais. *Revista de Ensino de Engenharia*, 35 (1), 65-74. <https://revista.abenge.org.br/index.php/abenge/article/view/339>
- Lopes, J. B.; Silva, A. A.; Cravino, J. P.; Viegas, C.; Cunha, A. E.; Saraiva, E.; Branco, M. J.; Pinto, A.; Silva, A.; Santos, C. A. (2010). *Investigação sobre a Mediação de professores de Ciências Físicas em Sala de aula*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Pereira, S. A. (2017). *Aplicação do Método das Diferenças Finitas na Solução de um Problema de Transferência de Calor*. Trabalho de Conclusão de Curso [Graduação em Matemática]. Universidade Federal Fluminense-Instituto do Noroeste Fluminense de Educação Superior. <https://app.uff.br/riuff/handle/1/11631>
- Sampieri, R. H.; Collado, C. F. & Lucio, M. D. B. P. (2013). *Metodologia de Pesquisa*. Tradução: Daisy Vaz de Moraes. Editora: Penso-Mc-Graw-Hill. 5.ª Edição. Título Original: *Metodología de La Investigación*.
- Shaughnessy, J. J.; Zechmeister, E. B. & Zechmeister, J. S. (2012). *Metodologia de Pesquisa em Psicologia*. Tradução de Ronaldo Cataldo Costa, 9.ª Edição, AMGH Editora Ltda, Porto Alegre.
- Teixeira, K. C. B., & Fontenele, F. C. F. (2017) Metodologia Peer Instruction no ensino de matrizes: um relato de experiência na disciplina de Álgebra Linear. *Educação Matemática em Revista-RS*, 18(1), 57-65. <https://www.researchgate.net/publication/325298602>
- Wahyudi, S., Lestari, P.; Gapsari, F. (2021). Application of Finite Difference Methods (FDM) on mathematical model of bioheat transfer of one-dimensional in human skin exposed environment condition. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 44(5), 1-9. <https://scholar.ub.ac.id/en/publications/application-of-finite-difference-methods-fdm-on-mathematical-mode/>

APENDICES

APÊNDICE A: Questão do Pré e do Pós Testes

Resolva o problema seguinte, recorrendo ao Método das Diferenças Finitas. (Pré-Teste)

Uma superfície quente a $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ deve ser arrefecida fixando-se aletas do tipo pino de alumínio ($k = 237 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$ e $\alpha = 97,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$) de 8 cm de comprimento e 0,8 cm de diâmetro com distância de centro a centro de 1,6 cm. A temperatura do meio circundante é $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, e o coeficiente de transferência de calor na superfície é de $35 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$. Inicialmente, as aletas estão a uma temperatura uniforme de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e, no momento $t = 0$, a temperatura da superfície quente aumenta para $120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pressupondo uma condução de calor unidimensional ao longo da aleta e um espaçamento nodal de $\Delta x = 2\text{ cm}$ com um passo de tempo de $\Delta t = 0,5\text{ s}$, determine as temperaturas nodais após 5 min, utilizando o método explícito de diferenças finitas. Além disso, determine o tempo necessário para as condições permanentes serem alcançadas.

Recorrendo ao Método das Diferenças Finitas, resolva o problema seguinte: (Pós-Teste)

Considere uma placa grande de urânio de espessura $L = 8 \text{ cm}$, condutividade térmica $k = 30 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$ e difusividade térmica $\alpha = 14,5 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$, que inicialmente está a uma temperatura uniforme de $250 \text{ }^\circ\text{C}$. O calor é gerado de modo uniforme na placa a uma taxa constante de $\dot{E} = 7 \times 10^6 \text{ W/m}^3$. No momento $t = 0$, um dos lados da placa é posto em contacto com a água gelada e é mantido a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ em todos os momentos, enquanto o outro lado é submetido à convecção para o ambiente a $T_\infty = 50 \text{ }^\circ\text{C}$, com coeficiente de transferência de calor $h = 65 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$. Considerando um total de 5 nós igualmente espaçados no meio, quatro nos contornos e um na metade, determine a temperatura da superfície exposta da placa 3,5 minutos após o início do arrefecimento, usando uma das versões do método de diferenças finitas.