

Org.

**Danileno Meireles do Rosário
Denis Carlos Lima Costa
júlio César Suzuki**

ENSINO-APRENDIZAGEM EM CIÊNCIAS, MATEMÁTICA E TECNOLOGIA

Série: Raízes da Educação
Vol.3



fflch

FACULDADE DE FILOSOFIA
LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Ensino-Aprendizagem em Ciências, Matemática e Tecnologia

Série: Raízes da Educação
Vol.3

Org.

Danileno Meireles do Rosário
Denis Carlos Lima Costa
Júlio César Suzuki



fflch

FACULDADE DE FILOSOFIA
LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ISBN: 978-85-7506-411-5
DOI: 10.11606/9788575064115

Ensino-Aprendizagem em Ciências, Matemática e Tecnologia

Danileno Meireles do Rosário
Denis Carlos Lima Costa
júlio César Suzuki

FFLCH-USP
SÃO PAULO - 2022

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP

Reitor: Carlos Gilberto Carlotti Júnior.

Vice-reitora: Maria Arminda do Nascimento Arruda

FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS – FFLCH

Diretor: Prof^ª. Dr. Paulo Martins

Vice-diretora: Dr^ª. Ana Paula Torres Megiani

Conselho Editorial

Prof^ª. Dr^ª. Adriana Carvalho Silva (UFRRJ)

Prof. Dr. Adriano Rodrigues de Oliveira (UFG)

Prof. Dr. Agnaldo de Sousa Barbosa (UNESP)

Prof. Dr. Alcécio Rodrigues de Oliveira (IFSP)

Prof^ª. Dr^ª. Ana Regina M. Dantas Barboza da Rocha Serafim (UPE)

Prof. Dr. Cesar de David (UFSM)

Prof. Dr. José Elias Pinheiro Neto (UEG)

Prof. Dr. Leandro de Paula Santos (UFBA)

Prof^ª. Dr^ª. Maria Jaqueline Elicher (UNIRIO)

Prof. Dr. Ricardo Júnior de Assis Fernandes (UEG)

Prof. Dr. Roni Mayer Lomba (UNIFAP)

Catálogo na Publicação (CIP)
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo
Maria Imaculada da Conceição – CRB-8/6409

E59 Ensino-aprendizagem em ciências, matemática e tecnologia [recurso eletrônico] / Organizadores: Danileno Meireles do Rosário, Denis Carlos Lima Costa, Júlio César Suzuki. -- São Paulo : FFLCH/USP, 2022.
6.816 Kb ; PDF. -- (Raízes da educação, v. 3)

Vários autores.

ISBN 978-85-7506-411-5
DOI 10.11606/9788575064115

1. Ensino-aprendizagem. 2. Ciências. 3. Matemática. 4. Tecnologia.
5. Letramento digital. I. Série. II. Rosário, Danileno Meireles do. III.
Costa, Denis Carlos Lima. IV. Suzuki, Júlio César.

CDD 370



Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e Respeitando a Licença Creative Commons indicada.

SUMÁRIO

CONEXÃO..... 9

PREFÁCIO..... 12

CAPÍTULO I

QUANTUM DE INFORMAÇÃO: A ENTROPIA DO MOVIMENTO SOB A ÓPTICA DAS DERIVADAS DE ORDEM NÃO-INTEIRA..... 16

Denis Carlos Lima Costa

Heictor Alves de Oliveira Costa

Silvio Tadeu Teles da Silva

CAPÍTULO II

DERIVADAS FRACIONÁRIAS COMO SITUAÇÃO MOTIVADORA AO ENSINO DO CÁLCULO..... 37

Silvio Tadeu Teles da Silva

Hugo Carlos Machado Silva

Denis Carlos Lima Costa

CAPÍTULO III

OS IMPACTOS DO AGRONEGÓCIO: UM ESTUDO DA CORRELAÇÃO ENTRE A PECUÁRIA E A PRODUÇÃO DE SOJA NO ESTADO DO PARÁ ... 54

Elizete Neres Monteiro

Edson Costa Cruz

Reginaldo da Silva

CAPÍTULO IV

ANÁLISES DA ADEQUAÇÃO DIDÁTICA DE AULAS DE ÁLGEBRA LINEAR UTILIZANDO SOFTWARES COMPUTACIONAIS 71

Edson Costa Cruz

José Paulo Cereira Cleto Cravino

Joaquim Bernardino de Oliveira Lopes

CAPÍTULO V

PROERD DIGITAL: UM APLICATIVO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS
COMO FERRAMENTA DIDÁTICA DE ENSINO AOS INSTRUTORES DO
PROGRAMA EDUCACIONAL DE RESISTÊNCIA ÀS DROGAS 95

Edson do Vale Palheta Junior

Alberto Jorge Ferreira Bastos

Danileno Meireles do Rosário

CAPÍTULO VI

EDUCAÇÃO FÍSICA, TECNOLOGIA & SUSTENTABILIDADE NOS JOGOS
DO INSTITUTO FEDERAL DO PARÁ – CAMPUS TUCURUÍ/JIFT 117

Andrei Luiz Demétrio e Silva

Davi Costa Barroso

Jairson Monteiro Rodrigues Viana

PESQUISADORES ORGANIZADORES..... 134

PESQUISADORES ESCRITORES..... 136

ÍNDICE REMISSIVO..... 144

CONEXÃO

Este livro trata de temas da Matemática, da Ciência e da Informática considerando, principalmente, o contexto do processo ensino-aprendizagem.

Essas três áreas do conhecimento, diversas vezes, são analisadas como uma só, pois elas são utilizadas em modelagens, simulações, processamentos, visualização de gráficos, desenvolvimentos de algoritmos etc.

Essa obra é indicada aos estudantes, professores e pesquisadores que estão direta ou indiretamente, relacionados a essas investigações, visto que, foi escrita para facilitar os estudos autônomos. Dessa forma, uma vez entendidos os fundamentos propostos, acredita-se que os leitores se sentirão capazes de assimilar todos os tópicos apresentados nos seis capítulos.

A ordenação dos capítulos foi, cuidadosamente, escolhida e fundamentada nas experiências acadêmicas dos autores. Os tópicos vão sendo exibidos de forma a permitir ao leitor seguir o livro, capítulo a capítulo.

O primeiro capítulo apresenta o conceito da Derivada de Ordem Não-Inteira e sua aplicação na elucidação de fenômenos naturais e das Engenharias.

O segundo capítulo traz uma discussão a respeito da introdução do estudo das Derivadas Fracionárias nos cursos de Licenciatura em Ciências e Matemática e nas Engenharias.

A seguir, no capítulo três, há uma análise de Correlação sobre os efeitos do Agronegócio no Estado do Pará.

O capítulo quatro, expõe estratégias computacionais apropriadas ao ensino de Álgebra Linear e suas aplicações em fenômenos da Física.

O capítulo cinco apresenta uma ferramenta baseada na plataforma para aplicativos móveis, destacando a sua importância em Programas Educacionais de orientação de resistência às drogas.

O capítulo seis exhibe as potencialidades das tecnologias digitais, no processo de ensino-aprendizagem, desenvolvidas para auxiliar na organização dos jogos estudantis do IFPA Campus Tucuruí.

*Dr. Denis Carlos Lima Costa,
Professor de Matemática do IFPA – Campus Ananindeua.*

*Me. Danileno Meireles do Rosário,
Professor de Informática do IFPA – Campus Castanhal.*

*Dr. Júlio César Suzuki
Professor Associado da Universidade de São Paulo - USP*

PREFÁCIO

O convite para estar aqui prefaciando aconteceu no mesmo dia em que o helicóptero *Ingenuity* fazia seu primeiro voo em Marte, e a satisfação ao receber o convite quase se assemelha ao entusiasmo da equipe ao comemorar o êxito da operação no dito planeta vermelho, e a referência ao evento faz-se presente por possibilitar algumas inferências e reflexões sobre a ideia de Ciência e Tecnologia. Este convite também se configura como situação inusitada pelo fato de que minha formação está mais alinhada àquele campo, que tradicionalmente é designado como Ciências humanas, em especial, a da Filosofia. Aceitei o convite por acreditar que a entropia, se pensada sobre as atividades humanas, ela é geradora de caos criativo. Que somos sintrópicos e entrópicos em nosso viver.

Ainda que entenda o porquê da divisão por áreas de conhecimento e identifique o didatismo envolvido nessa divisão por áreas, costumo defender que toda Ciência é necessariamente humana, pois acho fundamental enfatizar os protagonistas de todos os estudos de qualquer área: os humanos. Entendo que essa seja uma interpretação possível para o *giro copernicano*, desenvolvido por Immanuel Kant em sua *Crítica da Razão Pura*, pois importa entendermos como o humano conhece. Nesse sentido, não importa somente a área, mas também a pessoa que realiza o conhecimento.

Quando buscamos na UNESCO o conceito de Ciência encontramos a definição que “Ciência é o conjunto de conhecimentos organizados sobre os mecanismos de causalidade dos fatos observáveis, obtidos através do estudo objetivo dos fenômenos empíricos”. Sobre tal conceito poderíamos indagar: Quem é que a organiza? Quem a

observa? Quais as motivações e história das pessoas que fazem Ciência? Tais indagações nos possibilitam um olhar mais diverso sobre a atividade científica? Por que a humanidade tende a pensar que a Ciência é uma atividade que não combina com as mulheres?

Isso posto, trarei breves ideias sobre essa relação entre ser humano e Ciência *versus* Tecnologia.

Algo que causa espanto, ou assombro, no sentido Platônico do termo, é o fato de que o humano tem uma característica fundamental, que é a curiosidade, a bisbilhotice inquiridora e geradora de situações novas. Essa curiosidade é vital para o desenvolvimento de todo conhecimento gerado ao longo da nossa história. Esse gerar conhecimento depende de forma fundamental da função criativa que possuímos. No entanto, muitas vezes os pesquisadores e envolvidos com a Ciência e com a Tecnologia não questionam de forma suficientemente profunda a força da criatividade.

A Tecnologia é dependente da criatividade humana, sem obviamente olvidar-se das motivações econômicas para o desenvolvimento tecnológico. Ainda que as motivações sejam só econômicas, isso não será suficiente para desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia, pois a presença da criatividade se impõe como exigência. Ciência e Tecnologia são fenômenos humanos, nascidos e desenvolvidos pelas nossas interações e pelas nossas intersecções motivacionais.

Sobre esse tema da criatividade é mister trazer as ideias de Ilya Prigogine, marcadas no Prêmio Nobel de Química de 1977, que, ao apresentar as estruturas dissipativas, lançou um olhar mais complexo sobre a relação do ser humano *versus* natureza. Ele afirmou: *Em minha mensagem às futuras gerações gostaria de propor argumentos com o objetivo de lutar contra os sentimentos de resignação ou impotência. As recentes Ciências da complexidade negam o determinismo: insistem em criatividade em todos os níveis da natureza.* O olhar do químico

alerta-nos para a necessidade do debruçar-se de forma interdisciplinar sobre os fenômenos.

Fazendo analogia com o cotidiano da Ciência e da Tecnologia, pode-se afirmar que a entropia gera estímulos para que a vida seja mais dinâmica e a perturbação do sistema pode ser um grande aliado para a inovação tecnológica, por exemplo. No entanto, ao longo da história estamos lidando com concepções bastante arraigadas sobre Ciência e Tecnologia e que precisam ser repensadas, ou desconstruídas, como apontaria Derrida.

Duas abordagens sobre a Tecnologia chamam a atenção: a primeira é de que ambas possuem vida própria e que são o mundo à parte da humanidade, elas nasceram e se desenvolveram sem a participação do ser humano. O que seria da Ciência e da Tecnologia sem a criatividade humana, sem a curiosidade humana? A segunda abordagem afirma que a atividade científica é completamente desprovida do aspecto emocional, ou seja, para ser cientista tem que se abdicar das emoções.

Tal mentalidade dissemina-se no mundo de modo mais intenso após as ideias de Descartes em seu famoso *Discurso do Método* e em suas *Meditações*, onde explicita e defende que a fonte do conhecimento só poderia ocorrer através da razão: *antes, isso mostra que a capacidade de bem julgar, e distinguir o verdadeiro do falso, que é propriamente o que se chama o bom senso ou a razão, é naturalmente igual em todos os homens; e, assim, que a diversidade de nossas opiniões não se deve a uns serem mais racionais que os outros, mas apenas que conduzimos nossos pensamentos por vias diversas e não consideramos as mesmas coisas*¹.

Essa ideia sobre a negação do emocional no processo de conhecer possibilitou, negativamente, situações que deram aos humanos a certeza de que somente a racionalidade possibilita grandes avanços em termos epistemológicos. Essa epistemologia negadora da visão

1 DESCARTES, René. *Discurso do Método*. Trad. Paulo Neves e introdução de Denis Lerrer Rosenfield. Porto Alegre: L&PM Editores, 2010. p. 37.

omnilateral do ser humano nos trouxe consequências quase que irreversíveis e, assim, tornou-se uma necessidade falarmos como Edgar Morin, se quisermos perdurar por mais tempo nesse planeta, pensarmos uma *Ciência com consciência*.

Neste prefácio, tomei como companheiros de escrita, fundamentalmente, os já mencionados Morin e Prigogine e, de ambos, salta aos olhos a necessidade de estarmos conectados com a ideia da conexão dos saberes. Como consequência de tal ideia, surge a valorização de saberes ou de Tecnologias sabidamente consideradas “não Tecnologias”, pois são oriundas de povos ou comunidades consideradas ditas primitivas. Assim, saberes da floresta, dos rios, das savanas não possuem status de outros saberes desenvolvidos no âmbito exclusivo das universidades ou dos centros de Tecnologias.

Ailton Krenak nos lembra da importância de se trazer para o centro do conhecer a ideia de ancestralidade. Somos construção, somos interrupções e continuidades. Essa perspectiva epistemológica afetará o surgimento de novas abordagens que trarão a necessária presença do outro na construção de Tecnologia e no modo de se fazer Ciência.

Recentemente o dirigente de uma nação latino-americana, na tentativa de ofender o povo brasileiro e de engrandecer os habitantes de seu país, afirmou: “os mexicanos vieram dos indígenas, os brasileiros, da selva, e nós chegamos em barcos da Europa”. Tal afirmação demonstra uma colonialidade explícita. A servidão colonial perdura, mas com uma diferença: no chamado período colonial era imposta pelas armas, pela violência, enquanto que a frase demonstra a servidão voluntária, que é mais vergonhosa, pois se tem a opção de não ser escravo.

Chamar esse fato aqui pra esse prefácio tem como único propósito demonstrar uma mentalidade que respinga sobre o modo como encaramos o “fazer Ciência”. Seriam os amazônidas capazes de produzir Ciência ou só se pode chamar de Ciência o que se faz

e o que se pensa no mundo europeu? Esses textos aqui organizados trazem a certeza que a resposta para tal interrogação é só uma: Sim, os moradores dessas paragens são capazes de abstrações científicas que falam por si só.

Obviamente que o presente *e-book* traz a marca do diálogo que começa com a cooperação entre as instituições USP e IFPA do *Campus Castanhal*, e depois amplia-se para o necessário diálogo entre o saber e sua aplicação no cotidiano. Somente a título de exemplo, reporto-me ao texto **Derivadas Fracionárias Como Situação Motivadora ao Ensino do Cálculo**, de autoria de Denis Costa *et al.* Ainda que para um não iniciado nos estudos das derivadas, como é o meu caso, a preocupação com o ensino da Matemática e da compreensão e aplicação do tema, se coaduna com todo o desenvolvimento do presente prefácio. Ciência e Tecnologia não podem estar a serviço de um simples deleite pessoal, têm que partir de uma perspectiva de sintonia com o que vivemos, com o que pode nos fazer estar melhor no ambiente chamado Terra. Se a Matemática é uma invenção humana, a mesma não pode estar a serviço da disseminação de um descontentamento, no sentido de fazer os estudantes pensarem que a Matemática é difícil, é impossível de ser estudada. O texto faz essa denúncia e aponta um caminho no sentido de superar essa mentalidade geradora de tristeza nos que estudam a Matemática, por exemplo no ensino médio. Olhar e admirar a beleza de um gráfico de uma derivada tem que ser um deleite de todo ser humano que se dispor a descortinar a mente para a abstração e não de uns iluminados incapazes de olhar para o mundo em sua volta.

Tenho certeza que os textos aqui apresentados têm como grande meta disseminar o conhecimento e fomentar momentos de formulação de novos conhecimentos e de regozijo com o aprender, que se fazem necessários para o bem estar dos humanos no planeta.

Prof. Dr. Antônio Jorge Paraense da Paixão, Filósofo.

CAPÍTULO I

Quantum de Informação: A Entropia do Movimento sob a Óptica das Derivadas de Ordem Não-Inteira

Denis Carlos Lima Costa¹

Heictor Alves de Oliveira Costa²

Silvio Tadeu Teles da Silva³

“Não se pode acreditar no infinito sem ter Fé em Algo Maior.”

Denis Costa

Highlights

The Non-Integer Order Derivative is presented as a methodology for analyzing movements, highlighting Quantum information that was not properly studied. The Entropy of the movement is evaluated in a more infinitesimal format, according to the models of Grünwald-Letnikov and Riemann-Liouville.

Introdução e Contextualização

Frank Wilczek, Físico americano, submeteu em 2012, uma concepção controversa para retratar um insólito estado da matéria: os cristais do tempo. Na Física, um cristal é explicado como um material cujos átomos estão organizados de forma a produzir um padrão repetitivo. Esse, recente estado, desafiaria as leis da Física.

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA *Campus* Ananindeua. Doutorado em Sistemas de Energia. denis.costa@ifpa.edu.br.

2 Universidade Federal do Pará - UFPa *Campus* Belém. Mestrando em Computação Aplicada. heictor8@gmail.com

3 Faculdade Estácio Belém. Mestrado em Educação. silvio.matematica@gmail.com.

Wilczek (2012), considerou a possibilidade de cristais de tempo serem análogos aos cristais comuns no espaço. Eles representam a emergência espontânea de um relógio dentro de um invariante sistema dinâmico no tempo. A produção desses cristais nos permitiria medir o tempo e as distâncias, e conseqüentemente, as velocidades, com “precisão refinada”, afirmou Wilczek em seu artigo.

À vista disso, sabe-se que, um cristal é constituído de padrões que se repetem no espaço, e que, um cristal do tempo é constituído de padrões que se repetem no tempo. Por conseguinte, seria possível existir uma metodologia, com a qual, fosse possível reconhecer os padrões do movimento de uma partícula, com precisão refinada, na transição entre as dimensões da distância e da velocidade, avaliando o seu estado de Entropia? Seria possível determinar um *Quantum* de informação, no qual ficaria factível distinguir a variação mínima do estado de Entropia, em que, paradoxalmente, a dimensão da distância e a dimensão da velocidade comportam-se como se fossem uma só dimensão, ao longo do tempo?

A resposta é sim. É possível. A metodologia proposta, fundamentada no Cálculo Diferencial de Ordem Não-Inteira, estruturará um complexo sistema de “pacote de partículas” capaz transportar uma massiva quantidade de dados, essencial para interpretar as informações sobre o comportamento do movimento, ao viajar no tempo, em que, cada “partícula” está associada à uma derivada de ordem não-inteira.

Com a intenção de destacar as qualidades do Cálculo Fracionário, especialmente a Derivada de Ordem Não-Inteira, é importante ressaltar a compreensão sobre a magnitude da palavra “informação”, pois esta é responsável por indicar e relacionar as diversas camadas e domínios trabalhados nesta obra. A busca pelo significado de informação, entretanto, possibilita um horizonte de estudos e análises que podem ser mais detalhados dentro das linhas de pesquisa da Ciência da Informação, por esta possuir maior propriedade para analisar as variáveis envolvidas.

A informação pode ser compreendida, nesta obra, como um elemento que transcende as dimensões, porém, mantendo o conteúdo da mensagem que se deseja comunicar. A informação é suscetível à algumas operações como distorção, perdas e transferência, sendo a última responsável por permitir que, ainda que a informação mude de domínio, esta consiga preservar características do fenômeno em questão.

Este capítulo propõe realizar análises com maior extração de quantidades de informação dos processos cinemáticos, ao analisar a taxa de variação com ordens não-inteiras. O Cálculo Fracionário permitirá tecer uma superfície contínua entre os domínios das ordens das derivadas e do tempo. Essa análise gera um potencial aumento no ganho de informação interdimensional, de características infinitesimais, e permite visualizar os estados de Entropia, discretizados, ao longo das mudanças.

A Entropia do Movimento

Uma das mais importantes contribuições de Barrows e Newton (apresentados, respectivamente, na Figura 1) para o desenvolvimento da Matemática e da Física, no século XVII, indicam o aparecimento do “tempo matemático”, que é postulado como “fluir uniformemente” e que é geralmente descrito como uma linha reta semi-infinita (Whitrow, 1961).

Figura 1: Isaac Barrows e Isaac Newton



Fonte: Sciencephoto.

Em seu postulado, Newton (1934) afirma que o tempo absoluto, verdadeiro e matemático de si mesmo, e de sua própria natureza, flui uniformemente sem relação com qualquer elemento externo. Tal postulado era absolutamente necessário para desenvolver o Cálculo Diferencial de Newton e aplicá-lo a problemas da Mecânica Clássica.

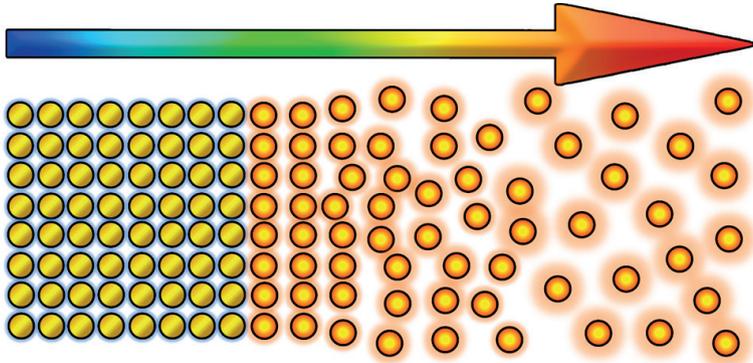
A notável realização matemática associada à geometrização do tempo foi a invenção do Cálculo de Fluxos de Newton. Matematicamente, Newton parece ter encontrado suporte para sua crença no tempo absoluto pela necessidade, em princípio, de um ideal medidor de taxa: a Derivada de Ordem Inteira, ou simplesmente, Derivada. A invenção do Cálculo Diferencial e Integral e o uso atual deles são a razão mais forte para continuar usando uniformemente o fluxo do tempo.

Barbour (2009) utiliza uma proposta diferente para interpretar o fluxo do tempo. Embasado pela 2ª lei da Termodinâmica, ilustrada na Figura 2, ele afirma que um sistema sempre evolui para um estado mais caótico; mas não o contrário. A 2ª lei da Termodinâmica

sustenta que a Entropia sempre intensifica a sua magnitude; nunca a reduz. Fundamentado nessa lei, é plausível assegurar que o tempo flui em única direção: pois o tempo só prossegue na direção em que a Entropia se torna mais intensa.

A 2ª lei da Termodinâmica declara que, quando houver a transferência e a transformação da energia, parte dessa energia será dissipada ou seja, desperdiçada. Nesse caso, quando uma partícula muda o seu estado de Entropia, do repouso para o movimento, parte da energia é transferida, parte é transformada e uma parte será desperdiçada.

Figura 2: Estados 1 e 2 de Entropia



Fonte: Autores.

O padrão de cores utilizado para orientar a variação de energia, identificado na Figura 2, está adequado ao estado de Entropia: cor azul, nível mais reduzido de energia; cor vermelha, nível mais elevado de energia.

O Cálculo Diferencial de Ordem Não-Inteira

Guillaume François Antoine Marquis de L'Hospital, em 1695, indagou Gottfried Wilhelm Leibniz com a seguinte questão: o que

significa $\frac{d^\alpha f}{dx^\alpha}$ para $\alpha = 0,5$ (Khalil et al, 2014). A partir do questionamento de L'Hospital a Leibniz (retratados, respectivamente, na Figura 3), vários pesquisadores apresentaram, no mínimo, uma definição à Derivada de Ordem Não-Inteira (DONI). Entre as quais, serão destacadas, neste trabalho, as proposições de Grünwald-Letnikov e as de Riemann-Liouville.

Figura 3: Guillaume de L'Hospital (1661 – 1704) e Gottfried Leibniz (1646 - 1716)

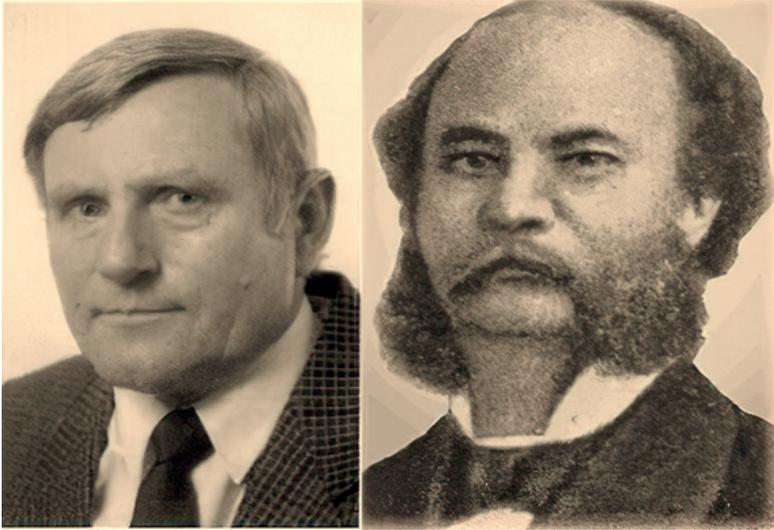


Fonte: Britannica.

A Derivada de Ordem Não-Inteira de Grünwald-Letnikov

Para Anton Karl Grünwald e Aleksey Vasilievich Letnikov, exibidos na Figura 4, a Derivada de ordem α , sendo $\alpha \in \mathbb{R}$, de uma função f , é definida mediante o Limite de uma Série, representada na equação (1)

Figura 4: Anton K. Grünwald (1838–1920) e Aleksey V. Letnikov (1837 - 1888)



Fonte: Britannica.

$$D^\alpha f(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{h^\alpha} \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \binom{\alpha}{k} f(x - kh) \quad (1)$$

A Derivada de Ordem Não-Inteira de Riemann-Liouville

Nikolay Sonin (Sonin, 1869), publicou um dos primeiros trabalhos sobre Derivada de Ordem Não-Inteira (DONI) desenvolvida por Georg Friedrich Bernhard Riemann e Joseph Liouville, mostrados, respectivamente, na Figura 5.

Figura 5: Georg F. B. Riemann (1826 - 1866) e Joseph Liouville (1809 - 1882)



Fonte: Britannica.

Conforme Riemann-Liouville, a Derivada de Ordem Não-Inteira de uma função causal f é definida para um número α , sendo $\alpha \in \mathbb{C}$, tal que $\Re_e(\alpha) > 0$ e n o menor inteiro maior que $\Re_e(\alpha)$, em que $n - 1 < \Re_e(\alpha) < n$, de acordo com a equação (2)

$$D^\alpha f(t) = \frac{1}{\Gamma(n - \alpha)} \frac{d^n}{dt^n} \int_a^t \frac{f(x)}{(t - x)^{\alpha - n + 1}} dx \quad (2)$$

sendo $\Gamma(z)$ a função Gama, definida por Euler, segundo a equação (3)

$$\Gamma(z) = \int_0^\infty t^{z-1} e^{-t} dt \quad (3)$$

em que $z \in \mathbb{C}$ com $\Re_e(z) > 0$.

O *Quantum* de Informação do Movimento

O movimento retilíneo de aceleração constante é bastante frequente. Um objeto caindo, sem qualquer obstáculo em seu caminho (em queda livre), é um bom exemplo. Quando uma partícula, em trajetória retilínea, apresenta uma aceleração constante, implica que, a sua velocidade aumenta, ou diminui, uniformemente sua magnitude. A partícula, nessa situação, desloca-se em Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (Halliday e Resnick, 2011, p. 22).

Em conformidade com Halliday e Resnick (2011, p. 23), a função horária das posições ocupadas por uma partícula pode ser representada pela equação (4)

$$S(t) = S_0 + v_0 t + 0.5at^2 \quad (4)$$

em que, S é a posição em um instante t , S_0 é a posição inicial, v_0 é a velocidade inicial e a é a aceleração.

Em concordância com Brown (2013, p. 66 -77), a função horária da velocidade pode ser estimada mediante a aplicação da Derivada Primeira da função horária das posições, como mostra a equação (5)

$$v(t) = \frac{dS}{dt} = v_0 + at \quad (5)$$

Entretanto, o que seriam as inúmeras Derivas de Ordem Não-Inteira da função das posições em função do tempo, ou seja, para

$$0 < \alpha < 1,$$

$$\frac{d^\alpha t}{dt^\alpha} = ?$$

Boni (2017, p. 61 - 63), analisou o comportamento das curvas geradas pelo Cálculo Fracionário na função horária do espaço. O

autor constatou que, as curvas são semelhantes às parábolas, todavia, evidenciou que o eixo de simetria se deslocara: à medida que α (a ordem da derivada) tende para 1, as curvas tendem para uma reta.

O experimento publicado nesse trabalho evidencia uma quantidade de informação, contida nas funções horárias do movimento retilíneo uniformemente variado, que foram iluminadas em razão da aplicação das Derivas de Ordem Não-Inteira. Esse *Quantum* de informação propõe que as Derivas Fracionária α , em que, $0 < \alpha < 1$, constituem, inúmeras funções horárias da velocidade. E que, cada nova função horária permite avaliar o estado de Entropia do Movimento com uma percepção mais infinitesimal.

A Figura 6 representa o gráfico (em várias perspectivas), constituído por um *Quantum* de informação, que relaciona o comportamento de uma função f , durante a implementação da DONI, em relação aos valores da variável independente t e da ordem α das derivadas. A imagem materializa a “memória” do fenômeno irradiada pela função, no decorrer do intervalo definido para t .

Em consequência dos valores de $0 < \alpha < 1$, as taxas de variação de f podem ser investigadas com ampliação da resolução. Ou seja, o estado de Entropia pode ser examinado de maneira menos discreta, ou melhor, de forma mais contínua.

Os diagramas das Figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 foram implementados em Linguagem MATLAB de Programação (Lee, 2020), fundamentados pelo modelo de Derivadas de Ordem Não-Inteira estabelecido por Grünwald-Letnikov.

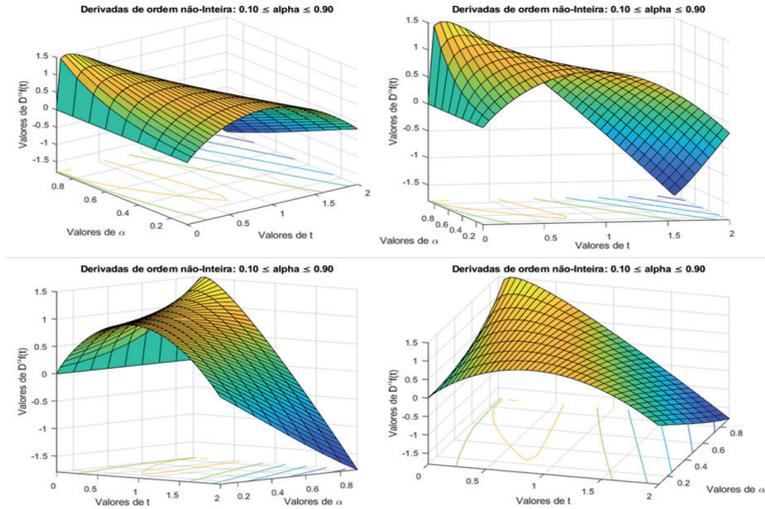
O modelo de Grünwald-Letnikov certifica as seguintes propriedades (Ortigueira, 2014):

$P_1 \rightarrow$ A derivada de uma função analítica é analítica.

$P_2 \rightarrow$ Quando a ordem da derivada for um número inteiro, o resultado é igual ao da derivada ordinária (compatibilidade com versões anteriores).

$P_3 \rightarrow$ A derivada de ordem zero de uma função retorna a própria função.

Figura 6: Representação do *Quantum* de Informação de uma DONI



Fonte: Autores.

Situação Problema

Seja uma partícula em transferência, conforme os princípios do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado (MRUV). As grandezas que melhor definem as características, posição inicial, velocidade inicial e aceleração, são, respectivamente,

$$S_0 = 0; v_0 = 2 \text{ m/s e } a = -2 \text{ m/s}^2$$

em concordância com o Novo Sistema Internacional de Unidades (SBFÍSICA, 2019). A função horária das posições, que define o movimento dessa partícula, está denotada pela equação (6)

$$S(t) = 2t - t^2 \quad (6)$$

A Tabela 1 exibe as Derivas de Ordem Inteira e de Ordem Não-Inteira referente à equação (6). A começar pela Derivada de Ordem Inteira (DOI) $\alpha = 0$, percebe-se que há incontáveis Derivadas de Ordem Não-Inteira até atingir $\alpha = 1$. A fim de otimizar a compreensão dos estados de Entropia do Movimento, realçando o *Quantum* de informação em cada estado, optou-se em variar os valores de α com um incremento de $0,1$.

Tabela 1: Derivadas referentes à equação (6)

Ordem da Derivada: α	Função Derivada: $\frac{d^\alpha S}{dt^\alpha}$
0.0	$\frac{d^{0.0}S}{dt^{0.0}} = 2,0000t^{1.0} - 1,0000t^{2.0}$
0.1	$\frac{d^{0.1}S}{dt^{0.1}} = 2,0080t^{0.9} - 1,1000t^{1.9}$
0.2	$\frac{d^{0.2}S}{dt^{0.2}} = 2,1470t^{0.8} - 1,1930t^{1.8}$
0.3	$\frac{d^{0.3}S}{dt^{0.3}} = 2,2011t^{0.7} - 1,2947t^{1.7}$
0.4	$\frac{d^{0.4}S}{dt^{0.4}} = 2,2383t^{0.6} - 1,3990t^{1.6}$
0.5	$\frac{d^{0.5}S}{dt^{0.5}} = 2,2567t^{0.5} - 1,5045t^{1.5}$
0.6	$\frac{d^{0.6}S}{dt^{0.6}} = 2,2541t^{0.4} - 1,6101t^{1.4}$
0.7	$\frac{d^{0.7}S}{dt^{0.7}} = 2,2285t^{0.3} - 1,7142t^{1.3}$
0.8	$\frac{d^{0.8}S}{dt^{0.8}} = 2,1782t^{0.2} - 1,8152t^{1.2}$
0.9	$\frac{d^{0.9}S}{dt^{0.9}} = 2,1023t^{0.1} - 1,9112t^{1.1}$
0.95	$\frac{d^{0.95}S}{dt^{0.95}} = 2,0544t^{0.05} - 1,9566t^{1.05}$
1.0	$\frac{d^{1.0}S}{dt^{1.0}} = 2,0000t^{0.0} - 2,0000t^{1.0}$

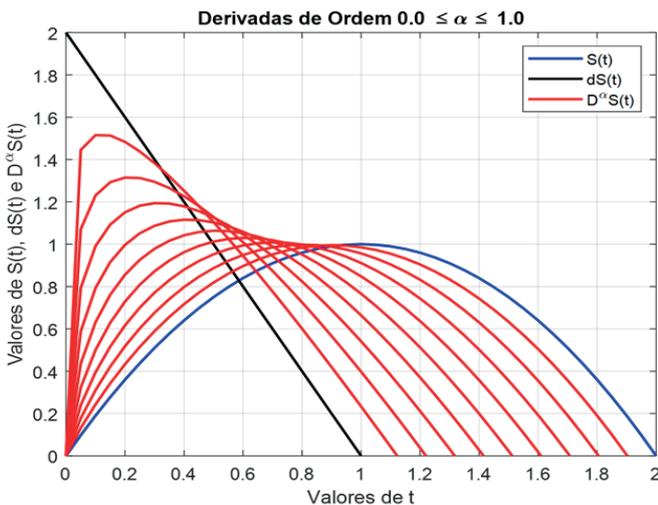
Fonte: Autores.

O incremento de **0,05** foi empregado com a proposta de suavizar a mudança dos estados de Entropia no intervalo **$0,9 \leq \alpha \leq 1,0$** , ampliando a acurácia das observações.

As Figuras 7 e 8 ilustram o comportamento gráfico das derivadas exibidas na Tabela 1. Essas funções foram obtidas mediante a aplicação do modelo de Derivadas de Ordem Não-Inteira, definido por Riemann-Liouville.

A Figura 7 exibe as Derivadas de Ordem Inteira (DOI) e as Derivadas de Ordem Não-Inteira (DONI), destacando a evolução da Entropia do Movimento de **$S(t)$** a **$\frac{dS}{dt}$** .

Figura 7: Derivadas de **$S(t)$**

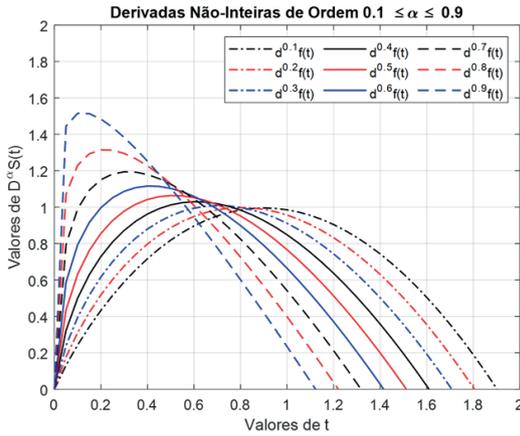


Fonte: Autores.

A Figura 8 expõe as DONI contidas nesse intervalo, cujo **$0,1 \leq \alpha \leq 0,9$** , enfatizando os modelos para

$$\frac{d^\alpha S}{dt^\alpha}$$

Figura 8: DONI de $S(t)$



Fonte: Autores.

A Tabela 2 exprime os valores ótimos estimados, via DONI, para cada ponto $P(\bar{t}, \bar{v})$.

Tabela 2: Comparativos entre os valores das velocidades

Ponto ótimo	Valor de α	Valor de \bar{t}	Valor de \bar{v}	Valor de v	Valor de $ \bar{v} - v $
A	0,1	0,90	0,9955	0,2000	0,7955
B	0,2	0,80	0,9979	0,4000	0,5979
C	0,3	0,70	1,0087	0,6000	0,4087
D	0,4	0,60	1,0297	0,8000	0,2297
E	0,5	0,50	1,0638	1,0000	0,0638
F	0,6	0,40	1,1160	1,2000	0,084
G	0,7	0,30	1,1945	1,4000	0,2055
H	0,8	0,20	1,3156	1,6000	0,2844
I	0,9	0,10	1,5181	1,8000	0,2819
J	0,95	0,05	1,6844	1,9000	0,2156

Fonte: Autores.

Sendo, \bar{t} o instante ótimo, \bar{v} a velocidade ótima e v o valor da velocidade calculada, via DOI, no instante t . A fim de normalizar as análises, considera-se $t = \bar{t}$.

Percebe-se que a diferença, em módulo, entre as velocidades, ratifica a proposição de que, durante a transição entre os estados de Entropia, a energia intrínseca do movimento experimenta os estágios de transformação, transferência e dissipação. Até então, sem o auxílio das DONI, esse *Quantum* de informação permaneceria inexplorado.

Os gráficos das Figuras 9, 10 e 11 exibem, de forma discretizada, o “pacote” de informação destacadas na Tabela 2.

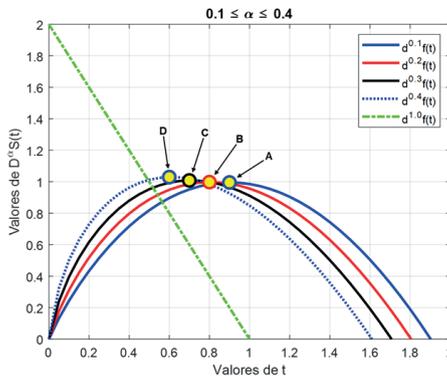
A Figura 8 exhibe as Derivadas de Ordem Não-Inteira, para

$$0,1 \leq \alpha \leq 0,4,$$

comparando-as com a Derivada de Ordem Inteira. Os pontos A, B, C e D, são os, respectivos, pontos ótimos para

$$\frac{d^\alpha S}{dt^\alpha}$$

Figura 9: Representação do *Quantum* de Informação das DONI iniciais



Fonte: Autores.

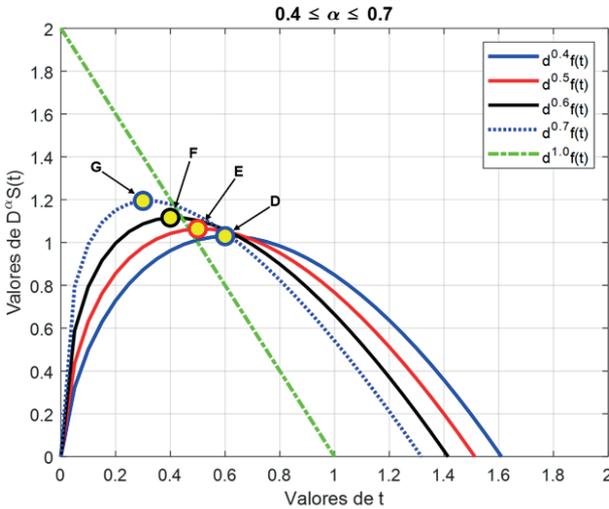
A Figura 10 exibe as DONI, para

$$0,4 \leq \alpha \leq 0,7,$$

comparando-as com a DOI. Os pontos D, E, F e G, são os, respectivos, pontos ótimos para

$$\frac{d^\alpha S}{dt^\alpha}$$

Figura 10: Representação do *Quantum* de Informação das DONI intermediárias



Fonte: Autores.

A Figura 11 exibe as DONI, para

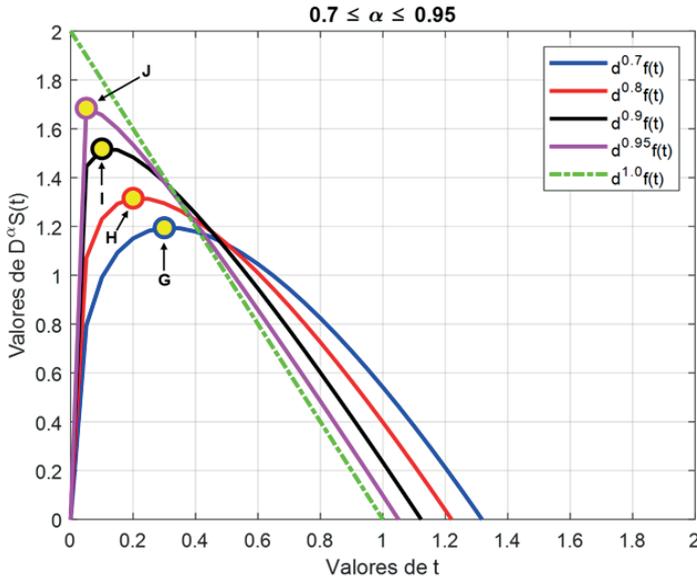
$$0,7 \leq \alpha \leq 0,95,$$

comparando-as com a DOI. Os pontos G, H, I e J, são os, respectivos, pontos ótimos para

$$\frac{d^\alpha S}{dt^\alpha}$$

Nessa simulação, matemático-computacional, fora utilizado o incremento de 0,05 para α . Essa alteração permite maximizar a visualização das variações, suavizando a comunicação entre $\frac{d^\alpha S}{dt^\alpha}$ e $\frac{dS}{dt}$.

Figura 11: Representação do *Quantum* de Informação das DONI finais



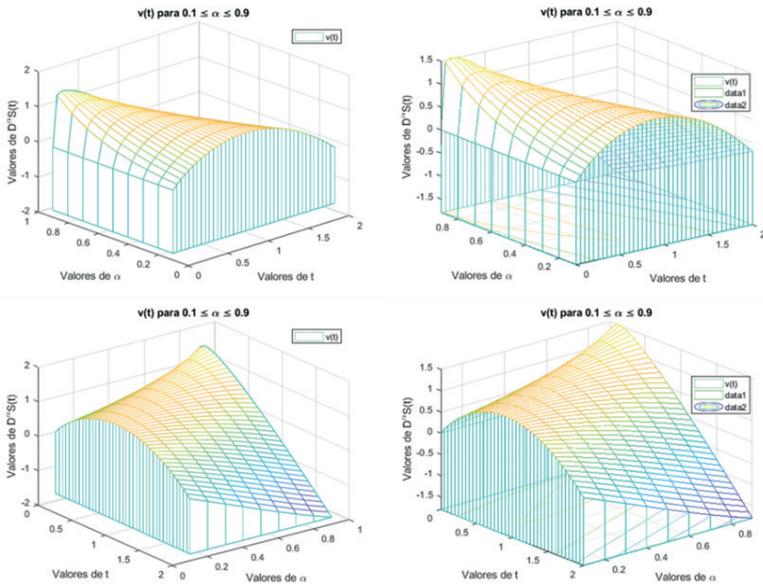
Fonte: Autores.

A partir da leitura das Figuras 9, 10 e 11, constata-se a remodelação do estado de Entropia, sendo produzido pela conversão da dimensão compreendida pelas sucessivas posições ocupadas pela partícula, na dimensão composta pelas velocidades assumidas por ela. Essa quantidade de informação foi cientificada com a aplicação das Derivadas de Ordem Não-Inteira.

A Figura 12 exhibe, em diferentes prismas, a quantidade de informações integrada ao movimento estudado, reproduzindo-a em forma de um “pacote”. Esse invólucro é o *Quantum* de informação

constatado pela aplicação das Derivadas de Ordem Não-Inteira. O *Quantum* de informação poderá ser maximizado de acordo com o incremento da ordem das DONI. Isto significa que, quanto menor for a taxa de variação de α ($0 < \alpha < 1$), maior será a magnitude do *Quantum* de informação.

Figura 12: Representação do *Quantum* de Informação das DONI finais



Fonte: Autores.

Fundamentados nas imagens da Figura 12, é plausível afirmar que, o volume de informação contida no *quantum* é delimitado, superiormente, pelas funções obtidas pelas DONI e, inferiormente, pela base, cujas arestas, são os intervalos definidos à variável independente (t) e à ordem das DONI (α).

Continuidade da Pesquisa

Nesse capítulo foi estudado uma aplicação das Derivadas de Ordem Não-Inteira: a quantidade de informação contida na Entropia de um tipo de movimento. Foram utilizados o modelo proposto por Grünwald–Letnikov e o modelo estabelecido por Riemann–Liouville. Contudo, há muito o que investigar.

Os pesquisadores envolvidos nesse projeto, já estão desenvolvendo aplicações das DONI em outras áreas da Física e das Engenharia. Por exemplo, nas análises da dilatação dos corpos, nos circuitos elétricos, controle e automação, aperfeiçoamento de circuitos autômatos com base no aprimoramento do cálculo dos parâmetros de controladores PID.

As Derivadas de Ordem Não-Inteira fazem parte de uma área de pesquisa bem maior. Elas estão contidas na área do Cálculo de Ordem Fracionária. Onde pode-se encontrar as Derivadas de Ordem Complexa e Integrais de Ordem Não-Inteira, exemplificando. Essas investigações poderão nos levar a resultados, que em nenhum momento, foram observados.

Referências

BONI, M. Di T. Montanari. **Cálculo Fracionário Aplicado às Equações Horárias do Movimento e outras Aplicações**. 2017. Disponível em: https://sca.profmat-sbm.org.br/sca_v2/get_tcc3.php?id=150981109. Acesso em: 20 out, 2020.

BRITANNICA. **Encyclopedia Categories: The world standard in knowledge since 1768**. Disponível em: <https://www.britannica.com/biography/Michel-de-LHospital>. Acesso em: 10 fev. 2021.

BROW, Robert G. **Introductory Physics I: Elementary Mechanics**. 2013. Duke University Physics Department Durham. Copyright Robert G. Brown. Disponível em: https://webhome.phy.duke.edu/~rgb/Class/intro_physics_1/intro_physics_1.pdf. Acesso em: 02 nov. 2020.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Fundamentals of Physics**. Textbooks. 2011. Jearl Walker. - 9th ed. Printed in the United States of America.

KHALIL, R.; HORANI, M. Al; YOUSEF, A.; SABABHEHB, M. **A New Definition of Fractional Derivative**. Journal of Computational and Applied Mathematics. 2014. Disponível em: www.elsevier.com/locate/cam. Acesso em: 18 out. 2020.

LEE, Huei-Huang. **Programming and Engineering Computing with MATLAB**. 2020. SDC Publications.

NEWTON, I. **Mathematical Principles** (transl. A. Motte, Ed. F. Cajori), Berkeley. 1934.

ORTIGUEIRA, Manuel D.; MACHADO, J.A. Tenreiro. What is a fractional derivative? **Journal of Computational Physics**. 2014. Disponível em: www.elsevier.com/locate/jcp. Acesso em: 25 dez. 2020.

WHITROW; G. J. **The Natural Philosophy of Time**. Nature Publishing Group: Thomas Nelson and Sons Ltd., London and Edinburgh. 1961. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/194513a0>. Acesso em: 18 out. 2020.

SBFÍSICA. **O Novo Sistema Internacional de Unidades (SI)**. 2019. Sociedade Brasileira de Física. Disponível em: https://metrologia.org.br/wpsite/wp-content/uploads/2019/07/Cartilha_O_novo_SI_29.06.2029.pdf. Acesso em: 03 jan. 2021.

SCIENCEPHOTO. **Science Photo Library's website**. Disponível em: <https://www.sciencephoto.com/media/c0334040/view>. Acesso em: 10 fev. 2021.

SONIN, N. Ya. **On differentiation with arbitrary index**. Moscou Mat. Sb., **6**. 1869.

CAPÍTULO II

Derivadas Fracionárias como Situação Motivadora ao Ensino do Cálculo

Silvio Tadeu Teles da Silva¹

Hugo Carlos Machado Silva²

Denis Carlos Lima Costa³

“Ninguém pode entrar duas vezes no mesmo rio”

HERÁCLITO

Highlights

The Non-Integer Order Derivative is presented as a motivating situation for teaching the Differential and Integral Calculus, seeking more meaning and sense to the concept of derivative.

Introdução e Contextualização

No cenário educacional atual, diversas discussões são postas no que diz respeito ao ensino que se constrói com base em pressupostos da aprendizagem com significados para o aluno.

Para a Matemática existem algumas dificuldades peculiares no contexto de seu ensino, nossa experiência como docentes nos leva a perceber que são comuns em falas de alunos nas aulas, por exemplo,

1 Faculdade Estácio Belém. Mestrado. silvio.matematica@gmail.com.

2 Faculdade Estácio Castanhal. Mestrado. huggo_silva@outlook.com

3 Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA *Campus* Ananindeua. Doutorado. denis.costa@ifpa.edu.br.

indagações como: De que este assunto vai servir para a minha vida? Se nunca vou usar, por que tenho que aprender este conteúdo? Além disso, a Matemática traz consigo um equivocado estigma histórico de ser uma disciplina que não é de entendimento de todos (LOPES, 2008), somada, em muitos casos, com forma “mecânica” de ensinar, que aqui entendemos sendo aquela de estrutura fixa que utiliza geralmente exposição oral e a sequência: definição, exemplos e exercícios de fixação, somente algoritmos e formas de resolver problemas sem reflexões, essa não traz ao aluno a percepção de significado dos tais assuntos.

Um contexto social diferente de outros no passado, vivemos hoje, um momento em que o avanço tecnológico predomina e progride em velocidade praticamente imensurável, este se apresenta também como desafiador para o ensino, visto que o professor deve ser ágio e competente para o acompanhamento de tal contexto. Vivemos num tempo em que aparelhos tecnológicos, como computadores, *smartphones*, entre outros fazem parte da vida do indivíduo desde sua infância, logo, é muito difícil dissociar a aprendizagem e o uso desses dispositivos ou concorrer com eles, pelo contrário, se apresentam como subsídio potenciais para a ampliação da experiência do aluno com a matemática, e as pesquisas em Educação Matemática apontam exatamente para o uso dos mesmos no intuito didático.

Além disso, para o ensino básico de Matemática existem várias orientações no sentido do uso da tecnologia num dos principais documentos oficiais que orientam a educação escolar no Brasil, a Base Nacional Curricular Comum (BNCC). A importância de ampliação de oportunidades de ensino por meio tecnológico perpassa pelo ensino básico, com o uso de diversos softwares, por exemplo o GeoGebra, e é acentuada no ensino superior em que os discentes têm ferramentas específicas e problemas de maior complexidade para analisar e resolver. Neste capítulo, trataremos da proposição de uso de análises matemáticas via software, a saber, o MatLab.

Nessa perspectiva, corroborando e aprofundando este pensamento, Magalhães (2009) afirma que ambientes tecnológicos possibilitam uma abordagem com novos significados que vai além da alcançada pela simples manipulação de lápis e papel. E que o uso de softwares no ensino, quando realizado de forma planejada, dinamiza o processo de aprendizagem e amplia o olhar sobre o objeto de estudo, inclusive, potencializando a capacidade investigativa dos alunos.

Experiências bem sucedidas vêm sendo realizadas no sentido de como os alunos estão utilizando e aplicando os recursos tecnológicos disponíveis, para além da utilização apenas por convenção e modernidade, trabalhando a presença da tecnologia, desenvolvida em ambientes de uso de linguagem computacional, como o MATLAB, o que objetiva a construção do conhecimento por meio de uma atuação ativa e crítica por parte de alunos e professores. Um exemplo deste tipo de abordagem pode ser percebido em Costa, Silva, Costa, (2018).

Durante nossa jornada acadêmica e profissional, como docentes no Ensino Superior, nos deparamos com as dificuldades, de grande parte dos discentes, no entendimento sobre os temas de cálculo diferencial e integral. Dificuldade essa que se materializa nos índices de reprovações na disciplina, corroborando com exposto em Silva (2011).

Os estudos relacionados com o Cálculo Diferencial e Integral foram/são fundamentais para o desenvolvimento da Ciência, suas inúmeras aplicações que facilitam a visualização e interpretação de fenômenos naturais, daí nossa preocupação em relação as dificuldades dos alunos. Nessa perspectiva iniciamos um processo de pesquisa sobre seus fundamentos e aplicações.

Sobre a dificuldade exposta anteriormente, Silva (2011) revela que:

Tais dificuldades, muitas vezes são de natureza histórico-epistemológica tendo em vista que se podem buscar as origens do Cálculo numa época que remonta cerca de vinte e cinco

séculos, quando os gregos tentavam resolver o problema de determinação de áreas pelo processo, hoje conhecido como ‘método da exaustão’[...] (SILVA, 2011, p.5)

Assim, percebemos que a construção do conhecimento de Cálculo ainda não apresentava consistência, e apenas processos trabalhosos e complexos. A seguir, leia-se anos de estudos, temos a utilização de conceitos como função que em si só já apresentam uma construção abstrata, até chegar em seu ponto de mais importância com o Teorema Fundamental do Cálculo.

A epistemologia histórica traz à luz obstáculos e paradoxos que acompanharam a gênese dos conceitos da matemática e, em particular, os do Cálculo. Esse fato indica, por um lado, que o ensino pode se tornar mais eficaz se não for desvinculado da evolução histórica; e por outro lado, aponta para a necessidade de investigações e estudos a fim de melhor se conhecer esta importante componente do ensino, fato que poderá contribuir para uma melhor instrumentalização, visando à compreensão dos desafios envolvidos nas atividades docentes. (SILVA, 2011, p.7)

Percebe-se, então, a partir do trabalho de SILVA (2011), uma necessidade de aproximação do recorte histórico da evolução da Matemática quanto ciência aplicada no ensino de Cálculo. Assim, iniciamos a discussão sobre a importância da compreensão do processo de aprendizagem. Que para Lemos (2006, p.57) a aprendizagem pode ser considerada tanto como um produto, quanto como um processo. É produto, pois “caracteriza um significado identificado em um momento específico, entretanto, é sempre um produto provisório porque no instante seguinte, dependendo dos fatores contextuais e da intencionalidade do sujeito esse conhecimento poderá modificar-se”.

A partir da perspectiva de aprendizagem de Lemos (2006), entendemos a aprendizagem como um processo com sentido e significado,

assim percebemos como docentes a necessidade de buscar estes aspectos em nossas práticas didáticas. Portanto, iniciamos os estudos dentro dos conteúdos de Cálculo diferencial e integral.

O conteúdo de Cálculo é ministrado, na maioria das vezes, nos primeiros anos de curso superior, sendo uma das disciplinas do currículo básico das Ciências Exatas, logo a percepção e exigência matemática exigida, talvez, não condiz com a maturidade acadêmica dos discentes.

Ministrada no início do curso, [cálculo I] passa a ser o primeiro contato, para o aluno, com uma Matemática “diferente” daquela que trabalhava no Ensino Médio. Somada às novidades do ser universitário, muitas vezes, a imaturidade e as algumas deficiências trazidas do processo educacional anterior, a reprovação e evasão no primeiro período dos cursos de Engenharia não é novidade. (GOMES, 2012, p.1, *apud* WROBEL; ZEFERINO; CARNEIRO, 2013, p.2)

O “Novo” causa estranheza e a insegurança amplifica o grau de dificuldade na compreensão do conteúdo, reforçado, em alguns casos, pelo ensino tradicional da disciplina de Cálculo pode acarretar uma experiência didática não satisfatória.

Buscar novos meios de ensino dentro dos conteúdos específicos se tornou um desafio, pois por muitas vezes partem de abstrações que requerem uma análise mais complexa da qual o discente não foi preparado para ter. Assim, aumentando a sua desigualdade educacional que se originou, possivelmente, na educação básica.

Sobre o cálculo diferencial e integral, um ramo da Matemática que constrói a relação de modelos matemáticos em fenômenos que possuem em sua essência a variação e, conseqüentemente, a sua relação com a área e taxa de variação.

A partir dos estudos que se dão posteriormente temos o desenvolvimento do Cálculo de ordem inteira, esse e suas aplicações

em modelos que interpretam movimentam fenômenos naturais e a construção de seus modelos a partir de variáveis de contorno. Em uma troca de correspondência entre Leibniz e L'Hôpital se inicia uma série de questionamentos sobre uma ordem arbitrária, em seguida sugerida como fracionária. Onde teríamos para: $\frac{d^n y}{dx^n}$, com $n \in \mathbb{N} = \{0, 1, 2, \dots\}$, quando $n = 1/2$, algo como se derivar meia vez a função. Esse questionamento incitou a construção de derivadas de ordem fracionárias.

A partir do entendimento histórico e da existência de Derivadas não triviais que são definidas em uma ordem não-inteira iniciamos a discussão de sua utilização no ensino de Cálculo com o objetivo de ampliar a compreensão das Derivadas aplicadas nas funções.

Para localizar o leitor nessa perspectiva, é pertinente realizarmos um recorte histórico do desenvolvimento do Cálculo Diferencial e Integral.

Recorte Histórico

Iniciamos com a reflexão na citação de Weinberg (2015) quando afirma que a pesquisa hoje é amparada e alumiada pelo conhecimento de seu passado e pode contribuir para o sucesso no desenvolvimento do trabalho no presente ou infortúnios pelo seu desconhecimento. Assim torna-se necessária a compreensão da construção histórica do conceito de derivadas para auxiliar na reflexão em ordens não inteiras. Para tal, iniciamos na segunda metade do século XVII com os trabalhos de Leibniz introduzindo os conceitos de variáveis, constantes, parâmetros e introduzindo a notação de $\frac{dy}{dx}$ como um quociente de quantidades infinitesimais, isto é, os primeiros passos para a construção do conceito de derivada que mensura as taxas de variação fundamental na análise matemática. Entretanto, quando

apresentamos a construção do Cálculo Diferencial é necessário creditarmos Newton e Leibniz.

O método de Newton discute a partir de dois aspectos: Fluente quantidade variável e Fluxo variação dessa quantidade, estabelecendo assim um novo conceito que relacionava os dois aspectos, momento. Para Corrêa, et al. (2005, p. 49): “- x, y são fluentes: variáveis que aumentam ou diminuem em função do tempo.” e “- são fluxões: velocidades dessas quantidades.” Estabelecendo o “Método das Fluxões”, destacando-se como a primeira contribuição matemática de Newton.

O método de Leibniz teve como inquietação a leitura da carta de Amos Dettonville, pseudônimo de Pascal, onde descrevia os indivisíveis. Para Boyer (2010):

[...] a determinação da tangente a uma curva dependia da razão das diferenças das ordenadas e das abscissas, quando essas se tornavam infinitamente pequenas, e que as quadraturas dependiam da soma dos retângulos infinitamente finos que formam a área. (BOYER, 2010, p. 276)

Utilizando assim a soma de indivisíveis, após algumas análises e construções geométricas, Leibniz em 1684, onde Leibniz define dx como um intervalo finito e arbitrário e dy pela proporção $dy:dx = y$: subtangente. (EVES, 2004)

Então, Leibniz publica seus resultados em relação ao Cálculo Infinitesimal, porém Newton já havia desenvolvido sua teoria alguns anos antes. Iniciando assim uma disputa pelo desenvolvimento do Cálculo Diferencial e Integral. Disputa que foi até a Royal Society, composta pelos principais cientistas da Inglaterra, acusou Leibniz de plágio, o que marcou profundamente a carreira do alemão. (GAYO, 2010).

No ano de 1695 L'Hôpital pergunta a Leibniz o que seria uma derivada de ordem meio, por meio de uma carta. Esse momento foi um marco para os estudos do Cálculo Diferencial e Integral, essa

indagação trouxe a curiosidade de grandes nomes da matemática: Euler, Laplace, Fourier, entre outros.

Assim as derivadas iniciam um movimento reflexivo no campo do Cálculo Fracionários e ganham formalidade na abordagem de Riemann-Liouville e Caputo. Na abordagem de Riemann-Liouville a derivada de ordem fracionária pode ser estabelecida derivada de ordem inteira de uma integral fracionaria, ganhando assim a sua definição, conforme a Equação (1).

$$D^\alpha f(t) = \frac{d^m}{dt^m} J^{m-\alpha} f(t) =$$
$$D^\alpha f(t) = \frac{1}{\Gamma(m-\alpha)} \frac{d^m}{dt^m} \int_0^1 \frac{f(\tau)}{(1-\tau)^{\alpha-m+1}} d\tau \quad (1)$$

A partir dessa definição, iniciam-se os estudos e pesquisas sobre seus efeitos. Como por exemplo o cálculo operacional desenvolvido por Heaviside a partir de 1892, onde introduziu a ideia de derivadas fracionárias em seu estudo do potencial e em linhas de transmissão elétrica. (TEODORO, et al 2017)

Portanto, o cálculo fracionário possui uma importância nas áreas da Engenharia e nas Ciências e vem sendo mais frequentes em pesquisas e estudos (SCHERER et al, 2011).

A seguir iremos estudar o desenvolvimento gráfico das derivadas fracionárias aplicadas a uma função real.

Situação Motivadora

Nos primeiros momentos da disciplina de Cálculo Diferencial e integral aplicadas ao Ensino Superior um dos pré-requisitos necessários para a construção do conhecimento de *Limites* a partir da compreensão de seus limites laterais e desenvolvimento das dependências

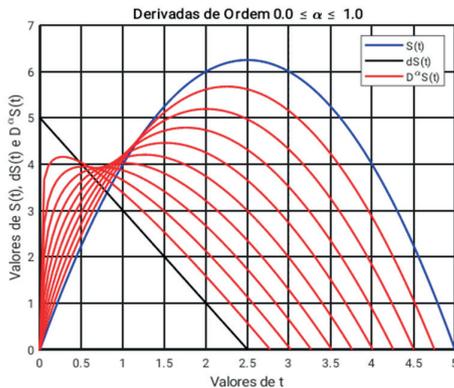
entre variáveis. Após esse momento, entende-se a necessidade de ampliar esse conhecimento para o entendimento das taxas de variação, as *Derivadas*.

A hipótese desse trabalho é que a apresentação de todos os momentos de deslocamento do ponto como consequência das derivadas de ordem fracionários que se desenvolvem até o momento da ordem inteira, suavizando assim uma parábola para uma reta. Logo, o discente entenderá que derivada não se limita a ordem inteira e um movimento instantâneo de transformação de parábola em uma reta, e sim gradativo.

Partindo da hipótese, sugerimos uma sequência de ensino baseada na apresentação da suavização do gráfico nas aplicações das Derivadas Fracionárias até o momento de sua ordem inteira.

Iniciando o estudo pela função polinomial do segundo grau definida por: $f(x) = 5x - x^2$, intencionalmente, mantendo a concavidade para baixo facilitando assim a percepção visual da suavização.

Inicialmente vamos observar o movimento de suavização dos pontos ao aplicarmos uma sequência de Derivadas Fracionárias que destinam a primeira derivada de ordem inteira, $f'(x)$. Algebricamente teríamos $f(x) = 5x - x^2$

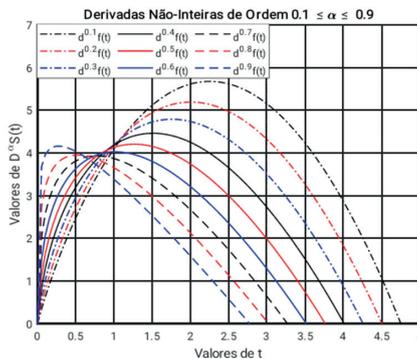


Fonte: Autores

O gráfico apresenta a função inicial $f(x) = 5x - x^2$ representada na legenda com $S(t)$, ilustrada pela cor azul, e sua primeira derivada de ordem inteira, algebricamente, $f'(x) = x - 2x$ representada na legenda como $dS(t)$ e ilustrada em preto. O mais interessante é a sequência de Derivadas Fracionárias representadas por $d^\alpha S(t)$ e representadas pela cor vermelha, criando um movimento de pontos para que a parábola, suavize-se, ao encontro de sua forma em reta. Uma atenção que como a parábola possuía a concavidade para baixo a reta de sua derivada de ordem inteira apresenta coeficiente angular negativo, sendo decrescente.

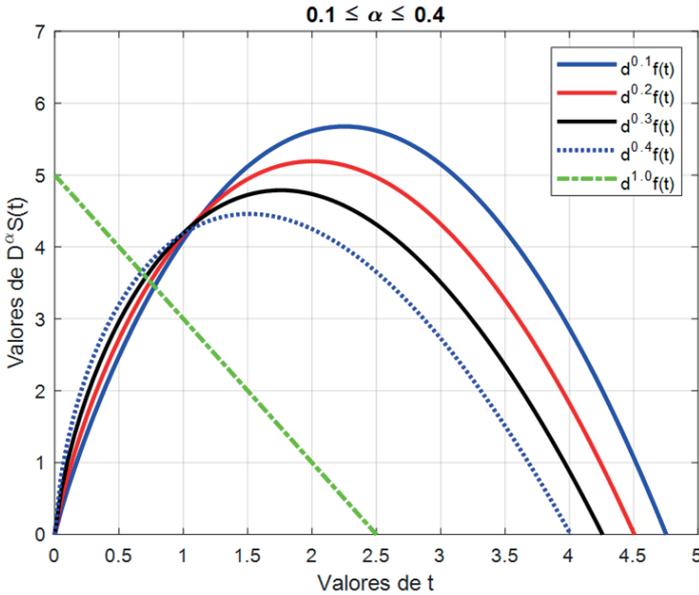
Chamando atenção para esse movimento proporcionado pelas derivadas de ordem fracionária, vejamos o gráfico a seguir.

Nesse gráfico percebemos os movimentos das derivadas de ordem fracionárias para $\alpha = 0,1$ a $0,9$, representados por linhas pontilhadas. Assim, conseguimos perceber seu movimento onde os pontos vão se adaptando a uma colinearidade que se tornará a reta. Está representando a primeira derivada de ordem inteira. Eliminando assim, a ideia equivocada de instantaneidade da derivação. Definindo assim um “movimento completo” de derivação.



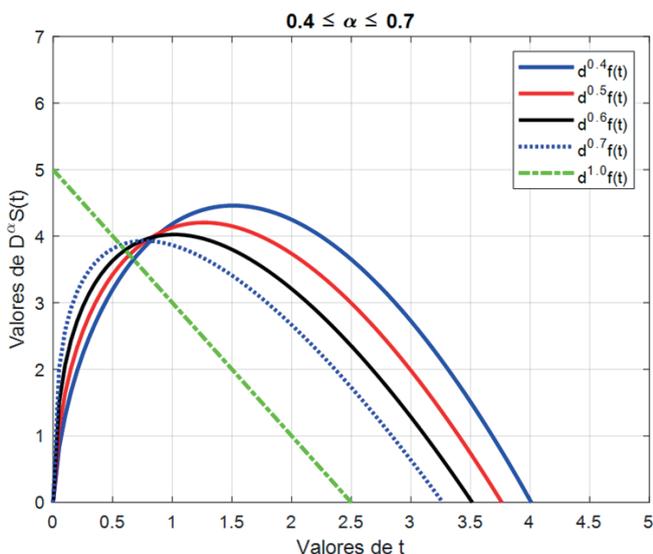
Fonte: Autores.

Vamos analisar agora as derivadas parciais em grupos: no primeiro gráfico, *Movimento 1*, percebemos as derivadas $\alpha = 0,1$ a $0,4$ representada na legenda como $d^{0,1}f(t)$, $d^{0,2}f(t)$, $d^{0,3}f(t)$ e $d^{0,4}f(t)$ movimentando a parábola para chegar mais próximo da reta, primeira derivada de ordem inteira $d^1f(t)$, uma reta tracejada em verde.



Fonte: Autores

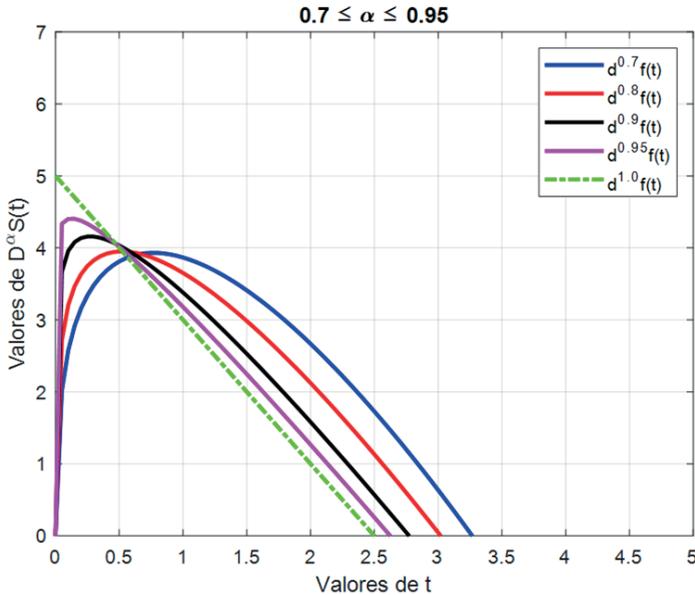
No segundo gráfico, *Movimento 2*, um novo agrupamento de derivadas fracionárias $d^{0,4}f(t)$, $d^{0,5}f(t)$, $d^{0,6}f(t)$ e $d^{0,7}f(t)$ diminuindo a angulação da parábola, conseqüentemente reduzindo sua amplitude para suavizar o movimento para a derivada de ordem inteira.



Fonte: Autores.

Quanto mais executarmos derivadas fracionárias com ordens menores e mais próximas a primeira ordem inteira, observamos a amplitude da concavidade diminuir e suavizar à reta.

Como percebemos no terceiro gráfico, *Movimento 3*, em um novo agrupamento $d^{0.7}f(t)$, $d^{0.8}f(t)$, $d^{0.9}f(t)$ e $d^{0.95}f(t)$ quando observamos os pontos se aproximando da reta e tornando-se coLinear a Derivada da Primeira Ordem Inteira. Chamamos atenção a $d^{0.95}f(t)$, representada em linha contínua na cor rosa, onde observamos a chegada do ponto coLinear a reta que marca o final do movimento, no exemplo que utilizamos, trazendo assim o movimento de suavização da parábola para a reta.



Fonte: Autores.

Interpretando graficamente a ação de uma Derivada de Ordem Inteira em seu *Movimento Completo*.

Torna-se significativo reiterar que esse movimento continuará, caso uma nova derivada de ordem inteira seja aplicada. Aí teríamos derivadas fracionárias de ordem $1 < \alpha < 2$, apresenta o movimento de suavização da função polinomial do primeiro grau para uma função constante. Outra perspectiva interessante para utilizar como uma situação motivadora em sala de aula, é a relação do movimento dessas derivadas fracionárias.

Assim, entendemos a Derivada Fracionária como uma abordagem interessante no ensino de Derivadas, e temos como hipótese que este discente compreendendo todo o *movimento* que a função deve realizar

para se adaptar a condição de Derivada trará um ensino com mais sentido e significado.

Considerações Finais e Reflexões

O capítulo teve como intenção apresentar a reflexão sobre a utilização da Derivadas de Ordem Não inteira (fracionárias) como uma ferramenta de ensino das Derivadas, para que o discente consiga compreender esse *movimento* da função, que se adapta a nova condição (derivada).

Entendemos que ampliação do conhecimento sobre esta área, mesmo que de forma embrionária, traz significativos ganhos para o desenvolvimento da matemática, de suas aplicações no mundo físico e, inclusive, para o uso em sala de aula.

Vale destacar que vários outros temas matemáticos se desenvolveram num primeiro momento sem uma aplicação prática, mas que se mostraram essenciais para o desenvolvimento da sociedade posteriormente, é o caso da teoria das matrizes na época do desenvolvimento da teoria, tinha a preocupação estritamente formal, ele podia até mesmo pressentir que o caráter mais aplicado às situações reais das matrizes iria em algum momento emergir, mas ao escrever e desenvolver a teoria, sua preocupação era com a forma e a estrutura em Álgebra tão somente. Já os séculos posteriores se encarregaram de encontrar inúmeras aplicações para o tema, é de fácil observação a variedade de áreas onde o conteúdo está presente em nossos dias, principalmente no desenvolvimento tecnológico e computacional. (PINHEIRO; et al, 2017).

Da mesma forma, pensamos que respostas sobre significados práticos das derivadas de ordem não inteira possui um enorme potencial

nas mais variadas áreas, seja na cinemática (na qual temos foco), na economia, na intervenção no cenário educacional, entre outros.

Não há dúvidas que existe um vasto campo de exploração dos estudos neste sentido, as discussões que estamos colocando em pauta e refletindo permitem a visualização de possibilidades tanto para aplicações práticas quanto para o fazer docente em sala de aula.

A partir do que foi discutido até aqui, acreditamos que a abordagem de suavização da parábola até a aproximação de uma reta e logo depois chegando na mesma, pode trazer significados lógicos aos alunos e preencher lacunas de dúvidas enquanto a abrupta passagem de uma forma gráfica para outra a partir da operação de derivada.

Como docentes de Ensino Superior percebemos que alguns momentos o ensino tradicional, por experiência, pode gerar consequências danosas para a compreensão dos discente. Por isto, deixamos aqui a hipótese que a liberdade de transitar e alterar as ordens dos temas, em Cálculo Diferencial e Integral e quem sabe em outros campos do conhecimento, trazendo um percurso que melhor se adapte a condição de compreensão da turma. Como por exemplo apresentar o conceito de Derivadas, antecedendo Limites, onde será discutido a ideia de variação e acréscimo total das Derivadas Ordinárias (podendo desenvolver argumentos para Derivadas Parciais) e em seguida estudar os limites partindo da premissa de uma ferramenta que valide a Função como derivável. Entendendo assim o Limite como essencial para o estudo da continuidade de uma função. Permitindo a introdução do método de L'Hospital para resolução de funções que permeiam a indeterminação por conta de uma inconsistência em seus modelos matemáticos.

Da mesma forma, uma dinâmica de ensino que leve em consideração a construção histórica dos conceitos traz possibilidades de superação de obstáculos epistemológicos erguidos no processo de formalização, ao longo do tempo, das didáticas para a sala de aula.

Referências

BOYER, Carl B. **História da matemática**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

CORRÊA, J. F., SANTOS, J. R. V. S., CYRINO, M. C. C. T. **Métodos das Fluxões, Derivadas e Integrais: A Constituição e Difusão de um Conhecimento Matemático na Formação do Professor**. In: Brolezzi, A. C. & Abdounur, O. J. (Org.). I Seminário Paulista de História e Educação Matemática – SP, São Paulo: 2005. Anais... São Paulo: IME – USP, p. 414-424.

EVES, Howard. **Introdução à história da matemática**. Tradução: Hygino H. Domingues. Campinas, São Paulo. Editora da Unicamp, 2004.

COSTA, Denis Carlos Lima; SILVA, Guilherme Damasceno; COSTA, Heictor Alves de Oliveira. **Método de inteligência computacional aplicado na otimização da produção por meio da detecção do sistema de coordenadas do centro de massa de uma estrutura**. In: VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2018, Ponta Grossa-PR. Anais do VII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2018.

GAYO Jairo. **Fundamentos e história da matemática**. Indaial: Uniasselvi, 2010.

LEMOS, E. S.; MOREIRA, M. A. **A Avaliação da aprendizagem significativa em Biologia: Um exemplo com a disciplina Embriologia**. Aprendizagem Significativa em Revista, Porto Alegre, 2011. v. 1,

n. 2, p. 15-26. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID8/v1_n2_a2011.pdf>. Acesso em 05 fevereiro de 2021.

PINHEIRO, T. C. S.; SILVA, H. C. M.; SA, P. F. Raízes Históricas da Teoria das Matrizes. In: Pedro Franco de Sá; Adrielle Cristine Mendello Lopes. (Org.). **Aspectos Históricos da Matemática Elementar**. 1ed. Belém: CCSE UEPA, 2018, v. 1, p. 41-60.

SCHERER, R; KALLAB, Shyam L; TANG, Yifa; HUANG, Jianfei. **The Grunwald-Letnikov method for fractional differential equations**. Computers and Mathematics with Applications, v. 62, n. 3, p. 902-917, 2011.

SILVA, Benedito Antônio da. **Diferentes dimensões do ensino e aprendizagem do Cálculo**. Matem. Pesq., São Paulo, v.13, n.3, pp.393-413, 2011.

TEODORO, G Sales; OLIVEIRA, D. S.; OLIVEIRA, E. Capelas de. Sobre derivadas fracionárias - On fractional derivatives. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 40, nº 2, e2307 (2018). Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v40n2/1806-1117-rbef-40-02-e2307.pdf>

WEINBERG, S. **Para explicar o mundo: A descoberta da ciência moderna**. São Paulo: Companhia das Letras, 2015.

WROBEL, J. S; ZEFERINO, M. V. C; CARNEIRO, T. C. J. **Um mapa do ensino de cálculo nos últimos dez anos do COBENGE**. In: XLI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, Gramado, 2013.

CAPÍTULO III

Os Impactos do Agronegócio: Um Estudo da Correlação entre a Pecuária e a Produção de Soja no Estado do Pará

Elizete Neres Monteiro¹

Edson Costa Cruz²

Reginaldo da Silva³

“A Matemática compara os mais diversos fenômenos e descobre as analogias secretas que os unem.”

JEAN-BAPTISTE JOSEPH FOURIER

Highlights

This chapter portrays a magnificent application of Mathematics: The Correlation and Regression Method. The research is dedicated to establishing a model between Livestock and Soybean Production in the State of Pará - Brazil, based on statistical data.

A partir do momento em que citamos uma suposta ameaça de falta de água, lembra-se dos setores que mais utilizam desse recurso e que são de grande importância para abastecimento mundial, temos então a agricultura e a pecuária, que apesar de demandar muita água para as produções, desperdiçam parte dela, contaminam os recursos hídricos com suas práticas inadequadas e com o consumo de agrotóxicos e fertilizantes, produzindo efeitos na qualidade e quantidade de água disponível (CLÁUDIA; SILVA; SOUZA, 2017)

1 Instituto Federal de Educação do Pará - IFPA - Mestranda – elizete.monteiro@ifpa.edu.br.

2 Instituto Federal de Educação do Pará - IFPA – Doutorando – edson.cruz@ifpa.edu.br.

3 Instituto Federal de Educação do Pará - IFPA – Doutor – reginaldo.silva@ifpa.edu.br

No Brasil, as atividades agrícolas e pecuárias têm visado a atender as demandas econômicas do mercado interno e externo, por outro lado, o avanço nesses setores tem ocasionado grandes impactos ao meio ambiente, devido ao manuseio inadequado dessas atividades, visando apenas ao lucro. A pecuária e a agricultura estão entre as atividades que mais causam prejuízos a natureza, e dentre os recursos naturais mais atingidos por esses setores, estão os recursos hídricos. O setor agrícola está entre os maiores consumidores de água, utilizando, a nível mundial, 69% dos recursos hídricos derivados de rios, lagos e águas subterrâneas. (ABADIAS, 2020).

E a Amazônia brasileira está entre as regiões que mais desenvolveram as atividades agrícolas e pecuárias nos últimos anos, devido ao baixo preço das terras, para a produção dessas atividades, é também as condições climáticas, acarretando maior lucratividade para os produtores. No entanto, a agropecuária, na região amazônica, tem afetado consideravelmente o meio ambiente, aumentando o desmatamento, a perda da biodiversidade, degradação do solo, contaminação do ar e dos recursos hídricos. (RIVERO, 2009).

E dada a importância dos recursos naturais para a vida humana, principalmente dos recursos hídricos, justifica-se o desenvolvimento desse trabalho como contribuição à literatura científica, sobre a temática, em associação com a possibilidade de avaliar como as problemáticas sociais e ambientais causada pela agropecuária, é vislumbrada em âmbito mundial, nacional e principalmente na região amazônica.

A Investigação

O primeiro passo no processo de investigação desse trabalho e levantar o referencial teórico sobre a temática, que trate da contextualização da atividade agropecuária em âmbito mundial, nacional e regional. E responder as seguintes questões: De forma geral quais os

principais impactos gerados aos recursos hídricos, pela atividade da agropecuária? Respondendo as seguintes questões específicas, qual a correlação entre as áreas ocupadas pelas atividades da soja e pecuária? quais impactos ambientais e sociais causados pela agropecuária e a expansão da soja nessa região amazônica?

O uso da água pelo Setor do Agronegócio no mundo

Segundo dados do Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos em 2019, mais de 2 bilhões de pessoas vivenciam o estresse hídrico, sendo 31 países passando por essa situação onde o estresse hídrico é medido em porcentagem de 25% (patamar mínimo de estresse hídrico) e 70%, e existem outros 22 países que ultrapassam esse nível de 70%, encontrando-se em uma situação grave de estresse hídrico. Um estresse hídrico em crescimento indica um maior consumo de recursos hídricos, causando maiores impactos e conflitos entre os utilizadores desse recurso.

A demanda mundial por água vai continuar aumentando pois tem aumentado cerca de 1% anualmente (AQUASTAT), esse aumento devido aos países em desenvolvimento e economias emergentes. Ressaltando que esse nível de consumo ainda fica bem abaixo do consumo de países já desenvolvidos.

A agricultura como uma das atividades que mais utiliza de Recursos hídricos para a irrigação, consome em todo o mundo cerca de 69% de toda a água (AQUASTAT). É uma atividade que continuará consumindo por um longo tempo a maior parte da água, visto que a população tende a aumentar gradativamente e conseqüentemente a produção de mais alimentos oriundos do agronegócio.

Contextualização sobre a Agricultura e Pecuária no Brasil

A atividade antrópica, por anos, sucedeu-se equilibrada, retirando da natureza, o suficiente à subsistência. Todavia, com o advento da agricultura, processo que propiciou a fixação do homem na terra, crescimento populacional e a criação de ferramentas para manipular a natureza, a relação homem- natureza transforma-se, a mesma perde o caráter de subsistência e passa a ser explorada para atender as necessidades criadas pelo homem (PEREIRA, 2012).

A agricultura e a pecuária estão entre as atividades de maior representatividade econômica no Brasil. E nos últimos anos essas atividades estão cada vez mais modernas, com a utilização de tecnologias e equipamentos que elevaram a produtividade desse setor (IPEA, 2012).

O censo agropecuário de 2017 mostra que a soja é a lavoura com maior valor de produção do Brasil, seguido da produção de cana-de-açúcar, milho e café. E mais de 15 milhões de pessoas estão desempenhando atividades agrícolas nos espaços brasileiros (IBGE, 2017).

Outro ponto a ser destacado na agropecuária é a ocupação territorial dessas atividades no Brasil. O Censo agropecuário de 2006 mostra que os estabelecimentos agropecuários correspondem uma área total de 329,9 milhões de hectares, correspondendo a 38,7% do território brasileiro. Já o censo de 2017 mostra que 351 milhões de hectares estão ocupados pelo setor agropecuário, sendo 18% das terras ocupadas pela lavoura e um percentual de 45% correspondendo as pastagens, totalizando um percentual de 63% da utilização das terras brasileiras com pastagem e lavoura (IBGE, 2017). Em 2019 o setor agropecuário atingiu 651,5 bilhões no valor bruto da produção, desse montante 400,7 bilhões foi na produção agrícola e 250,8 no setor pecuário.

Apesar da importância do setor agropecuário para o desenvolvimento econômico do Brasil, essas atividades vêm acompanhado de muitos impactos ao meio ambiente, afetando os recursos hídricos, o clima, o solo, a qualidade do ar e a saúde humana. O desenvolvimento dessas atividades está voltado a atender as demandas econômicas. São criadas tecnologias, serviços, equipamentos pensando, exclusivamente no lucro que essas atividades proporcionam, não se atendo as agressões ambientais causadas por elas (IPEA, 2012).

Segundo (PEREIRA, 2012) a principal causa da degradação ambiental pela agropecuária está na transformação do uso do solo, resultante do desmatamento e da transformação dos ecossistemas naturais em áreas cultivadas e a degradação dessas áreas já cultivadas pelo manejo inadequado das atividades agropecuárias. Atréados a esses fatores também estão as queimadas e a utilização exagerada de fertilizantes e agrotóxicos nas lavouras, sendo o Brasil, um dos países que mais utiliza agrotóxicos nas atividades agrícolas, investindo no ano de 2018, um total de 14,5 bilhões de produtos agrotóxicos, usados principalmente no cultivo de soja, milho e algodão.

Quanto aos impactos ambientais causados pela agropecuária nos recursos hídricos. O desenvolvimento da atividade agropecuária no Brasil é dependente da disponibilidade dos recursos hídricos, dependendo da irrigação e da existência das chuvas para o cultivo da lavoura, a exemplo, cerca de 60% das águas dos mananciais está voltado para a prática de irrigação. E muitas vezes a condução da prática de irrigação necessita de obras de regularização da vazão, interferindo no regime natural dos cursos d'água, causando impactos na qualidade dos recursos hídricos e na biodiversidade local. Além desses fatores a irrigação, praticada de forma errada, pode causar a salinização, erosão e contaminação dos mananciais por agrotóxicos (IPEA, 2012).

Já os impactos sociais causados pela exploração econômica da fronteira agrícola da amazônica, na qual a expansão da soja e pecuária,

onde a décadas os povos tradicionais, pequenos agricultores e ribeirinhos são afetados com o desmatamento, grilagem e violência no campo e que em diversas das vezes essas comunidades são obrigadas a migrarem do campo para as grandes cidades em detrimento ao crescimento econômico ocorreu e ocorre como assevera:

“[...]O cenário de ocupação da Amazônia, foi e está sendo pautado em conflitos resultantes de interesses antagônicos pela terra, onde os detentores de capital, vindos de outras regiões e incentivados de diversas formas pelo Estado acabam por fazer uso do território amazônico sem levar em conta os interesses das pessoas que já viviam ali antes. Isso tem se tornado na atualidade um dos desafios às políticas públicas para a Amazônia, coadunar os interesses dos novos migrantes com os das populações locais, além, é claro, de ter que medir esforços para o estabelecimento de um desenvolvimento regional sustentável para a região [...]”. (BECKER, 2009; BARBOSA & MOREIRA, 2017)

A Pecuária e a Produção de Soja no Estado do Pará

O agronegócio segundo a Federação de agricultura e pecuária do Pará (FAEPA) corresponde a uma parcela significativa de trabalhadores no estado do Pará contribuindo assim com aproximadamente 21% do PIB nos municípios do estado. A pecuária o Pará desponta como o maior exportador bovino vivo do país, com destaque na produção de carne, leite, couro e seus derivados. A soja no Pará já corresponde a 25% das exportações do setor do agronegócio a atividade teve um crescimento expansão em seu cultivo no período de 2010 a 2017, hoje representa a principal cultura de grãos no estado. Em destaque temos os municípios de Paragominas, Santana do Araguaia e Santarém.

Segundo o (IBGE) a análise dos componentes do PIB agropecuário aponta que a lavoura deve encerrar 2019 com alta de 1%, e a

pecuária com avanço de 1,8%. Para 2020, a pecuária será protagonista, com expectativa de crescimento de 4,3%, influenciado por uma alta de 5,8% na produção de bovinos. Ainda de acordo com o Grupo de Conjuntura do (IPEA), a pecuária deve registrar um recorde de produção, impulsionado principalmente pelo aumento na demanda de mercados como China, Hong Kong e Emirados Árabes. Já a previsão é de que a soja — grão que possui o maior peso no PIB do setor — cresça no mínimo 4,7% em 2020 segunda a secretaria de desenvolvimento e pesca do Pará (SEDAP) a previsão é que o Estado esteja entre os 10 maiores produtores de soja do Brasil com uma produção de cerca de 2 milhões de toneladas do grão.

Os Impactos da Produção da Soja e da Pecuária no Pará

A correlação se torna desejável visto que a expansão do agronegócio está diretamente ou indiretamente ligados ao cultivo da soja e a atividade pecuária na qual se observa os impactos ambientais e sociais.

Um dos principais impactos sociais do agronegócio, se dá no aumento em décadas do deslocamento de pequenos colonos, em razão de conflitos sociais ou da compra de lotes pelos grandes produtores, pois segundo (DOMINGUES et al., 2014): “[...] o agronegócio ocupa espaços no campo antes ocupado por culturas diversificadas e familiares, reduzindo o emprego, a capacidade de produção de alimentos tradicionais e comprometendo a segurança alimentar da população [...]”.

Além desses impactos sociais, destacam-se impactos ambientais como advindos das técnicas modernas de plantio, tais como: o aumento da demanda por água no planeta (SETTI et al., 2000) devida a atividade da pecuária e indústria. Segundo (BARROS, 2006), “n [...] a expansão da fronteira agrícola provocou o aumento considerável no consumo de recursos hídricos, em especial para as atividades de irrigação [...]” as atividades agrícolas contribuem bastante também nos impactos no meio ambiente, onde (CUNHA, 1994) asseveram:

“[...] compactação e impermeabilização dos solos pelo uso intensivo de máquinas agrícolas; erosão; contaminação por agrotóxicos nas águas, alimentos e animais; impactos danosos da retirada da vegetação nativa de áreas contínuas extensas; assoreamento de rios e reservatórios; aparecimento de novas pragas ou aumento das já conhecidas; risco à sobrevivência de espécies vegetais e animais com a perda de habitat natural devido à expansão agrícola; e alterações no clima local) [...]”.

Lembrando que no Brasil a grande parte da soja que se estende pela região é transgênica (cerca de 90% da soja nacional), ou seja, sofreram modificações genéticas para adaptar-se ao clima mais quente ou aprimorar seu desempenho econômico. Entretanto, temem-se riscos do uso de transgênicos que causem danos ao ambiente e à saúde humana, como a expansão das sementes modificadas a matas próximas ou uso excessivo de agrotóxicos, uso o qual o Brasil é líder no mercado mundial, sendo vários deles proibidos nos outros países. Os cerca de 20% de aumento da área cultivada com soja verificados nos últimos três anos agrícolas, nesta região, têm se consolidado sobre as áreas de floresta e, apesar de muitos produtores agrícolas estarem utilizando antigas pastagens para plantar soja.

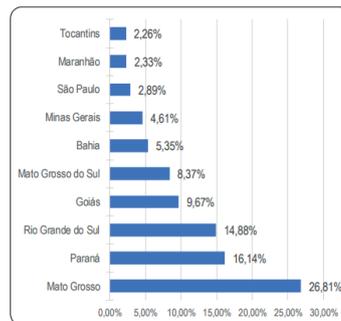
Apesar de não ser a única atividade a degradar a qualidade dos recursos hídricos, a aplicação de defensivos agrícolas, pesticidas, herbicidas, fertilizantes e de derivados residuais da criação intensiva de animais colabora, direta ou indiretamente, para a poluição dos corpos d'água, inclusive sem a rega, pois são transportados aos reservatórios superficiais ou subterrâneos por escoamento, causando poluição, eutrofização e redução do oxigênio disponível no meio aquático (RESENDE, 2002, 2003; LUCAS, 2010).

Resultados e Análises

Os resultados dos rankings (Figura 1 e Figura 3) e evolução da cultura da soja (Figura 2) e atividade pecuária no Pará (Figura 4) e especificamente, tais atividades no município de Paragominas (Figuras 5 e 6), cidade que a anos desenvolve intensamente as duas atividades, possibilitou analisar a correlação entre as atividades e entre o desmatamento da floresta amazônica nos períodos de 2010 a 2017, período este na qual houve uma grande expansão da soja no Pará.

Figura 1: Ilustra o ranking estadual da produção de soja em toneladas no Brasil – 2018.

Ranking	Unidade Federativa	Quantidade Produzida (t)	%
-	Brasil	117.887.672	100,00%
1º	Mato Grosso	31.608.562	26,81%
2º	Paraná	19.026.204	16,14%
3º	Rio Grande do Sul	17.538.725	14,88%
4º	Goiás	11.395.436	9,67%
5º	Mato Grosso do Sul	9.869.382	8,37%
6º	Bahia	6.310.605	5,35%
7º	Minas Gerais	5.438.116	4,61%
8º	São Paulo	3.410.297	2,89%
9º	Maranhão	2.751.206	2,33%
10º	Tocantins	2.667.936	2,26%
13º	Pará	1.638.469	1,39%

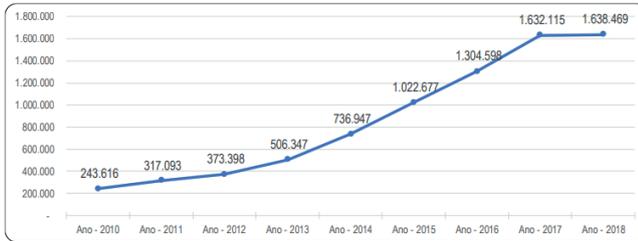


Fonte: IBGE 2018.

No gráfico da Figura 1 observamos que o Pará já desponta como um grande produtor de soja, com produção já na escala de milhões de toneladas a partir do ano de 2015.

Figura 2: Ilustra a evolução da produção da soja em toneladas no Pará – 2010/2018.

	Ano - 2010	Ano - 2011	Ano - 2012	Ano - 2013	Ano - 2014	Ano - 2015	Ano - 2016	Ano - 2017	Ano - 2018
Quantidade produzida (t)	243.616	317.093	373.398	506.347	736.947	1.022.677	1.304.598	1.632.115	1.638.469
Taxa de Variação (%)		30,16%	17,76%	35,61%	45,54%	38,77%	27,57%	25,10%	0,39%



Fonte: IBGE 2018.

A Figura 2 verificou-se que a produção da soja evolui bastante no período de 2010 a 2017 com um aumento efetivo de aproximadamente 569,95% e um aumento de aproximadamente 4,3% na safra no período de 2018/2019 na produção em toneladas.

Figura 3: Ilustra o ranking estadual da agropecuária quanto ao rebanho bovino por unidade de cabeça no Brasil – 2019



Fonte: IBGE 2020.

A atividade Pecuária observamos que o estado do Pará desponta também como uma atividade significativa observada na Figura 3.

A Figura 4 no mesmo período da expansão da soja entre os anos de 2010 a 2017 verifica-se um aumento efetivo de aproximadamente 16,74% do rebanho bovino e um aumento aproximado de 1,22% entre os anos de 2018 e 2019 assim como houve também a previsão para o ano de 2020 no aumento do PIB em 1,8% para a produção Pecuária não foi feito estudo dessa relação com o aumento de áreas para a produção dessa atividade.

Figura 4: Ilustra a evolução da pecuária em relação ao rebanho bovino por unidade cabeça no Pará – 2010/2019

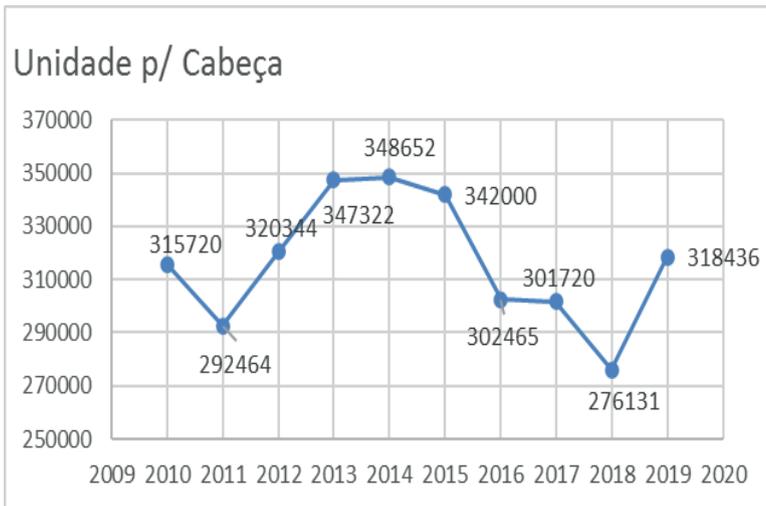
Unidade p/Cabeça



Fonte: IBGE 2020.

Na análise dos dados da Figura 5 a atividade pecuária em Paragominas no período da expansão da soja no município 2010 a 2017, houve a diminuição efetiva de aproximadamente 4,43% na atividade de pecuária tudo indica que essas áreas de atividades pecuárias tenham dado lugar a plantação da soja.

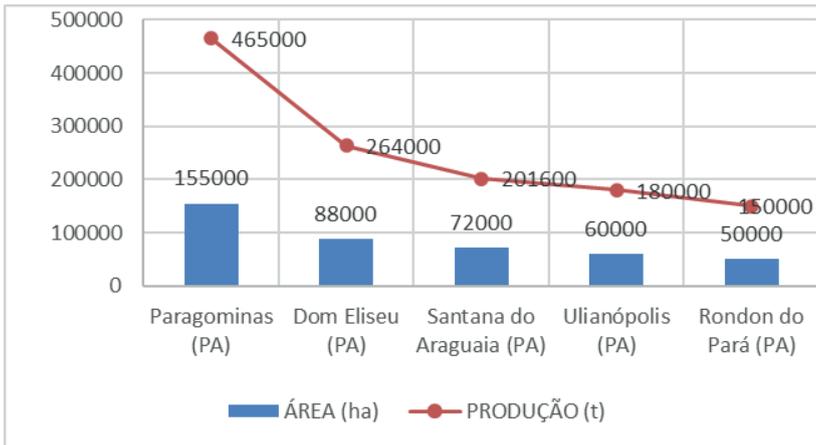
Figura 5: Ilustra a evolução da pecuária em relação ao rebanho bovino por unidade cabeça no município de Paragominas – 2010/2019.



Fonte: IBGE 2020.

A análise também sugere que tal diminuição não foi suficiente para a expansão da soja nos espaços em que a atividade pecuária deixou de ser praticada, além do mais percebe-se que a atividade pecuária após anos de declínio nessa região voltou de forma intensiva comum aumento dessa atividade entre o período de 2018 e 2019, um aumento de aproximadamente de 15,32%.

Figura 6: Ilustra o ranking municipal da produção da soja em toneladas e áreas plantadas em hectares no Pará – 2018.



Fonte: ADEPARA 2020.

A grande área de pastagem existente no município, cerca de 500 mil hectares, abre perspectiva de crescimento da área agrícola, em função da recuperação de pastagem, por meio do cultivo de grãos e crescimento de sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ALVES, et al., 2014).

Ao analisar a Figura 6 o ano de 2018 onde o município de Paragominas já desponta como um grande produtor de soja, onde somente a cultura da soja nesse município utilizou 155.000 ha, não foi feito o estudo da relação entre o aumento 4,7% do PIB previsto para 2020 em função da produção em toneladas da soja, mas fica evidente que certamente essa previsão impacta em aumento de novas áreas de plantio, apesar de existirem possibilidades tecnológicas para otimização da produção em áreas já cultivadas.

Ao fazer a análise das atividades nos períodos 2010 e 2017 sugerimos uma correlação negativa, onde uma atividade aumenta e a outra

diminui, sendo que os valores quantitativos dos espaços ocupados das atividades da pecuária e produção da soja nesse município, sugere que uma discrepância entre área convertida para soja e devida a não redução significativa da atividade pecuária e conseqüentemente, a manutenção de áreas de pastagem se deve à continuidade do avanço desta última sobre áreas florestadas e ocupações dos espaços de pequenos agricultores.

Conclusões

Conclui-se, de forma global, que há muito o que melhorar na gestão da terra e dos recursos hídricos com o uso de tecnologia desejáveis e sustentabilidade: para recuperar áreas degradadas por pastagens para implementação da cultura da soja, para o uso adequado e determinado pela agência nacional de vigilância sanitária (ANVISA) de agrotóxicos e para irrigação adequada da produção agrícola. Tais práticas certamente, conseqüentemente, contribuirão para diminuição das taxas de desmatamento e contaminação do solo e das águas.

Verificamos, especificamente que no município de Paragominas, o aumento da plantação da Soja e a diminuição da atividade pecuária no período da expansão da soja de 2010 a 2017, sugerem indicativos que o plantio da soja não gerou desmatamento direto, pois certamente utilizou grandes áreas dos pastos degradados pela atividade pecuária, mas percebe-se que o avanço do cultivo da soja sobre as áreas de fronteira agrícola ao norte do país ocupada pela Floresta Amazônica será inevitável, visto que surge novamente o aumento da atividade pecuária no município nos últimos anos e tal atividade tem histórico dos avanços de pastagens em áreas de florestas.

precisamos da presença do estado com políticas ambientais e sociais que garantam a sustentabilidade e proteção das comunidades que habitam essas regiões, pois as duas atividades estão diretamente

e indiretamente associadas ao avanço do desmatamento das fronteiras agrícolas da Amazônia, a contaminação do solo e das águas e ao deslocamento do homem do campo para as cidades.

Referências

ADEPARÁ. Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará. Matadouros com Inspeção Estadual e Municipal. Documento Institucional. Belém: Pará, 2011. Disponível em <https://agenciapara.com.br/noticia/21749/>. Acesso em 21 nov 2020.

ALVES, L. W. R.; CARVALHO, E. J. M.; SILVA, L. G. T. Diagnóstico agrícola do município de Paragominas, PA. **Embrapa Amazônia Oriental-Boletim de Pesquisa E Desenvolvimento (Infoteca-E)**, 2014.

BARBOSA, Jonismar Alves; MOREIRA, Eliane Cristina Pinto. Impactos Socioambientais da expansão do agronegócio da soja na região de Santarém-PA e a crise dos instrumentos de governança ambiental. *Revista Jurídica da FA7*, v. 14, n. 1, p. 73-87, 2017.

BARROS, F. G. N. **A Bacia Amazônica Brasileira no contexto geopolítico da escassez mundial de água**. 153f. 2006. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade da Amazônia, Pará, 2006.

BECKER, Bertha K. Amazônia: geopolítica na virada do III milênio. Rio de Janeiro: Garamond, 2009, 172 p.

CLÁUDIA, M.; SILVA, D. A.; SOUZA, A. D. E. **Revista Jurídica Desafios Para Uma Visão Ecológica Do Planeta Water Resources**,

Farming And Sustainability : Challenges For An Ecological Vision Of The Planet Revista Jurídica. v. 02, p. 78–98, 2017.

CUNHA, A. S. (coord.) (1994). Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos cerrados. Estudos de política agrícola n. 11. Brasília (DF): IPEA.

DOMINGUES, Mariana Soares Domingues; BERMANN, Célio; SIDNEIDE MANFREDINI, Sidneide. A produção de soja no Brasil e sua relação com o desmatamento na Amazônia. **Revista Presença Geográfica**, v. 1, n. 1, 2014.

IPEA, 2012. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea 2012. 2.Aspectos Econômicos. 3.Aspectos Sociais. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1050/1/TD_1782.pdf Acesso em: 15 nov 2020.

IBGE, 2017. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário. Disponível em <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/inde x.html> Acesso em 15 nov. 2020.

KONCAGUL Engin; TRAN Michael; CONNOR Richard; UHLENBROOK Stefan. **Relatório mundial das nações unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos**. UNESCO, 2019.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C. Meio Ambiente, Impacto Ambiental e Desenvolvimento. Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade – Vol.2, p.35-57 Dez/2012. Disponível em: <file:///C:/Users/Flavia%20Soares/Downloads/78-Texto%20do%20artigo-489-1-10-20121226.pdf>. Acesso em: 16 de novembro de 2020.

SETTI, A.A.; LIMA, J.E.F.W.; CHAVES, A.G.M.; PEREIRA, I.C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2.ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas, 2000. 207p.

<http://www.fao.org/aquastat/en/>. Acesso em 09 fev. 2021.

<http://sistemafaepa.com.br/faepa/a-faepa/> Acesso em 09 fev. 2021

CAPÍTULO IV

Análises da adequação Didática de aulas de Álgebra Linear utilizando Softwares Computacionais

Edson Costa Cruz¹

José Paulo Cereira Cleto Cravino da Silva²

Joaquim Bernardino de Oliveira Lopes³

“Os encantos dessa sublime Ciência se revelam apenas àqueles que tem coragem de ir em a fundo nela.”

CARL FRIEDRICH GAUSS.

Highlights

This chapter highlights Linear Algebra as one of the main topics in Mathematics. The research presents a set of Computational Systems that will optimize teaching-learning in this valuable area of Mathematics.

Em todo mundo a Álgebra Linear faz parte do currículo de diversos cursos de ensino superior de licenciaturas em engenharias e apesar desta relevância, a apropriação dos conceitos de Álgebra Linear pelos alunos não é fácil como comprovam (AYGOR; OZDAG, 2012), com referências a erros e dificuldades dos alunos na resolução de tarefas deste tema.

Nas análises das dificuldades em ensino de Álgebra Linear, professores podem fazer uso de diversos elementos das componentes

1 Instituto Federal de Educação do Pará - IFPA – Doutorando – edson.cruz@ifpa.edu.br.

2 Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro - UTAD, Vila Real (Portugal)- Doutorando - jcravino@utad.pt.

3 Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro - UTAD, Vila Real (Portugal)- Doutorando - blopes@utad.pt.

da idoneidade didática (ID) ou adequação didática como é mais conhecida no Brasil (GODINO, 2011) na construção dos processos educacionais da matemática no aspecto do Enfoque Ontosemiótico (EOS). O EOS é uma estrutura teórica que se desenvolveu da Didática da Matemática com o objetivo de articular diferentes pontos de vista e noções teóricas sobre os vários processos que levam para o conhecimento da matemática com objetivo de adotar uma perspectiva global, levando todas dimensões envolvidas e as interações entre elas. A análise qualitativa foi realizada em uma narração multimodal (NM) de aulas ‘sistemas Lineares’ em um curso superior em uma instituição pública portuguesa. Pretende-se responder à questão: qual é a ID conseguida em determinada aula de Álgebra Linear analisando as suas componentes na NM? Além disso, após a análise global da ID, destaca-se a idoneidade mediacional, visando ao uso do computador nesta aula sobre sistemas Lineares.

Em relação aos aspectos do Enfoque Ontossemiótico (EOS) teoria que está relacionada ao conhecimento e ensino de matemática, em particular no que diz respeito à ID, os quais serviram para análise de dados da referida investigação segue.

(GODINO et al., 2017) assevera que um referencial teórico que permita levar em conta a complexidade de ensinar (professor) e aprender(aluno) matemática deve incluir ferramentas de análises que permitam abordar as questões relacionadas às seis facetas/dimensões e às suas interações são elas:

- Adequação epistémica: refere-se ao grau de representatividade de significados institucionais implementados ou pretendidos;
- Adequação cognitiva: expressa o grau em que os significados implementados ou pretendidos estejam na “zona de desenvolvimento proximal” dos alunos.

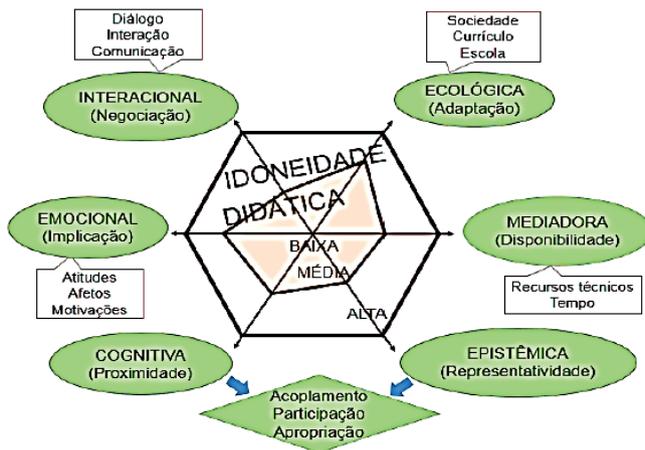
- Adequação interacional: permite resolver os conflitos que forem produzidos, durante o processo de instrução, através do diálogo, interação e comunicação;
- Adequação mediacional: grau de disponibilidade e apropriação dos recursos temporais e materiais necessários para o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem;
- Adequação emocional: expressa o grau de implicação do aluno, isto é, o seu interesse/motivação no processo de estudo. Está relacionada com fatores que dependem da instituição e do próprio aluno;
- Adequação ecológica: expressa o grau em que o processo de estudo se ajusta ao projeto educativo, à escola e à sociedade.

A operacionalização dos critérios apresentados requer organizar uma série de indicadores observáveis nas fermentas de análises de instrução proposta por Godino, que permitam avaliar o quanto cada componente está adequada ao processo de instrução, sendo assim um instrumento que possibilita a orientação da prática docente.

Assim, (GODINO, 2020) ressalta que a ID de um processo de instrução matemática refere-se à coerência e harmonia na articulação das seis dimensões: epistêmica, cognitiva, interacional, mediacional, emocional e ecológica. Estas dimensões didáticas podem ser classificadas com diferentes graus de idoneidade/adequação (alta, média, baixa) e visualizadas num hexágono na Figura 1 (GODINO et al., 2006; GODINO, 2013). A idoneidade/adequação epistêmica e cognitiva do processo de instrução gira em torno de desenvolvimento de conhecimentos específicos. Na EOS, quando se fala de conhecimento, compreensão e competência estão incluídas. A dimensão epistêmica está relacionada ao conhecimento institucional (isto é, compartilhado dentro das instituições ou comunidades de prática) enquanto a dimensão cognitiva se refere ao conhecimento pessoal

(ou do indivíduo). A aprendizagem ocorre através da participação do estudante, do acoplamento progressivo dos significados pessoais aos institucionais e da apropriação dos significados institucionais pelos alunos.

Figura 1: Sistema de Idoneidade ou Adequação Didática de Godino



Fonte: GODINO et al., 2006.

O sistema de indicadores estudos empíricos identificados em cada uma das facetas constituem um guia para a análise e reflexão sistemática que fornece critérios para a melhoria progressiva dos processos de ensino e aprendizagem.

Problema de investigação

Uma vez sistematizadas as categorias e subcategorias para analisar as dimensões da aprendizagem de matemática, as abordagens das interações didáticas implementadas nos processos de instrução,

permitem analisar a aprendizagem em matemática. Tal é feito com base em análises coerentes de todas as categorias e subcategorias no sentido de reconhecer a ID numa determinada situação, isto é, em uma narração multimodal (NM) de aulas ‘sistemas Lineares’ em um curso superior em uma instituição pública portuguesa. Nessa análise consideram-se as várias dimensões envolvidas e relações entre elas. Pretendeu-se responder à questão: qual é a ID conseguida em determinada aula de Álgebra Linear analisando as suas componentes na NM? Após a análise global da ID, enfatiza-se a faceta da idoneidade mediacional, dado o uso do computador nesta aula de Álgebra Linear analisar se, neste caso, a componente potencializou ou não o sistema de ID? Deste modo esta análise da ID é pertinente, pois o sistema de indicadores identificados para todas as facetas fornece critérios que possibilitam a melhoria no processo de instrução matemática.

Investigação de uma Narração Multimodal (NM)

Neste trabalho foi analisado uma NM do acervo de narrações da UTAD, portanto já validadas.

As NM permitem uma observação aprofundada dos vários acontecimentos que se passaram na sala de aula, relativos as ações do professor enquanto mediador das aprendizagens dos alunos, fomentando a reflexão do professor e, deste modo, podem contribuir para uma melhoria nos processos de ensino e aprendizagem (Lopes et al., 2010).

Participantes

A NM analisada é de uma aula da unidade curricular de Matemática Discreta e Álgebra Linear, numa instituição de ensino superior pública, com alunos do primeiro ano do curso de Engenharia Elétrica. Das várias aulas de Álgebra Linear, selecionou-se a quinta aula desta

série. Nesta aula foi utilizada uma tarefa de aproximação à resolução de sistemas com m equações e n incógnitas com a escrita de equações Lineares associadas às leis de *Kirchhoff* num circuito elétrico, designado por Ponte de *Wheatstone*. A aula de, aproximadamente, 150 min decorreu no laboratório de eletrônica, onde estiveram presentes 18 alunos, dois dos quais repetentes. Uma das opções para auxílio metodológico adotada para as aulas foi o recurso, por parte do professor e dos alunos, as utilizações dos *softwares* de cálculo *Scilab* e *software Mathematica*. O uso dos softwares foi a razão da seleção desta quinta aula.

Instrumentos de investigação

Nesse contexto é utilizado o método qualitativo (COHEN, MANION & MORRISON, 2011), pois aqui o objetivo do estudo é entender as facetas da idoneidade didática (GODINO, 2017) que resulta na adequação didática global da aula em análise e focar também a análise da componente/categoria mediacional usando as categorias e subcategorias apresentadas na Figura 1. A técnica a que recorreremos para análise da NM foi a da análise de conteúdo (BARDIN, 2014) que permitiu a junção dos elementos da NM através das categorias e subcategorias e indicadores em que as categorias são vistas como rubricas ou classes que agrupam determinados elementos reunindo características comuns, na análise da idoneidade/adequação didática.

Neste caso para as análises dos episódios da NM, foi selecionada como dimensão da idoneidade Didática na prática docente baseando-se na pesquisa das ferramentas de avaliações das seis componentes da ID de (GODINO, 2020) e que foram enquadradas por (ANDRADE, 2014) como “Ferramentas de Análise” e adaptadas para observações e avaliações do processo de instrução matemática para determinar o peso de cada um dos indicadores, de cada subcategoria e assim descrever a

adequação didática parcial de cada uma delas (categorias), construindo assim o hexágono desta NM e, por fim, analisando com maior detalhe as componentes e em especial a mediacional que motivou a escolha desta quinta aula de Álgebra Linear, pois tal componente está relacionada a utilização das ferramentas computacionais.

As fases da investigação

Na primeira fase foram feitas as organizações dos códigos para as análises das seis componentes da ID, observáveis que permitem avaliar o grau de adequação de cada componente no processo de instrução matemática de (GODINO, 2020), codificando as categorias subcategorias e indicadores baseados adaptados de (ANDRADE, 2014) e apresentados nas Tabelas 1 a 6.

Tabela 1: Ferramentas de análises da categoria (componente) epistêmica

Subcategorias	Indicadores
Situações problema	Q1 - Apresentar uma mostra representativa e articulada de situações de contextualização, exercícios e aplicações; Q2 - fazer as situações de generalização de problemas (problematização).
Linguagem	Q3 - Usar diferentes modos de expressão matemática (verbal, gráfica, simbólica), tradução e conversão entre as mesmas; Q4 - Utilizar nível de linguagem adequado aos estudantes; Q5 - Propor situações de expressão matemática e interpretação.

Regras (definições, proposições, procedimentos)	<p>Q6 - Apresentar definições e procedimentos claros e corretos e se estão adaptados ao nível educativo a que se dirigem;</p> <p>Q7 - Apresentar enunciados e procedimentos fundamentais do tema para o nível educativo dado;</p> <p>Q8 - Propor situações onde os estudantes tenham que generalizar ou negociar definições, proposições ou procedimentos.</p>
Argumentos	<p>Q9 - Utilizar as explicações, comprovações e demonstrações adequadas ao nível educativo a que se dirigem;</p> <p>Q10 - Promover situações onde os estudantes tenham que argumentar.</p>
Relações	<p>Q11 - Observar se os objetos matemáticos (problemas, definições, proposições) se relacionam e se conectam entre si.</p>

Fonte: Autores adaptado de Andrade 2014.

Tabela 2: Ferramentas de análises da categoria (componente) cognitiva

Subcategorias	Indicadores
Raciocínio Lógico	<p>Q12 - Promover situações que possibilitam observar, analisar, raciocinar, justificar ou provar ideias;</p> <p>Q13 - Promover situações onde os alunos tenham que coordenar as relações previamente criadas entre os objetos (problema, definições, informações).</p>

Leitura/ Interpretação	<p>Q14 - Apresentar situações de expressão matemática e interpretação onde os estudantes possam pensar, analisar e refletir sobre as informações;</p> <p>Q15 - Propor situações e interpretação adequadas ao nível dos estudantes;</p> <p>Q16 - Apresentar situações que possibilitem analisar ou referir-se a um mesmo objeto matemático, considerando diferentes representações.</p>
Análise/ Síntese	<p>Q17 - Propor situações de particularização e de generalização de problemas;</p> <p>Q18 - Promover situações onde os estudantes tenham que relacionar objetos matemáticos (problema, definições, informações) de forma específica ou ampla.</p>

Fonte: Autores adaptado de Andrade 2014.

Tabela 3: Ferramentas de análises da categoria (componente) mediacional.

Subcategorias	Indicadores
Contexto/ Recursos	Q19 - Fazer uso de materiais manipulativos e de informática;(tecnológica) Q20 – Fazer que definições e propriedades sejam contextualizadas pelo viés de situações-problema, modelos e visualizações; (científico e Tecnológico) Q21 - Buscar investir o tempo nos conteúdos mais importantes e nos que, primeiramente, geram maior dificuldade de compreensão; Q22 - Propiciar a compreensão dos significados matemáticos para posterior formulação de conceitos e estruturas matemáticas. (científico) Q23 - Ressaltar a importância da utilização de recursos didáticos no processo de ensino e aprendizagem;
Observações	Q24 - Ressaltar a importância no tempo didático e as condições ambientais da sala de aula.

Fonte: Autores adaptado de Andrade 2014.

Tabela 4: Ferramentas de análises da categoria (componente) interacional.

Subcategorias	Indicadores
Adequações	Q25 - Realiza uma apresentação adequada do tema, com ênfase nos conceitos-chave; Q26 - Utilizar recursos argumentativos para melhorar a implicação; procurando facilitar sua inclusão na dinâmica da aula;
Conflitos	Q27 - Reconhecer e resolver os conflitos de significado dos alunos (interpretando corretamente seus silêncios, expressões faciais, perguntas, etc.);

Autonomia/ aprendizagem	Q28 - Favorecer a comunicação entre os estudantes; Q29 - Contemplar momentos nos quais os estudantes se responsabilizam pelo estudo (exploração, formulação, validação)
--------------------------------	--

Fonte: Autores adaptado de Andrade 2014.

Tabela 5: Ferramentas de análises da categoria (componente) emocional.

Subcategorias	Indicadores
Interesses	Q30 - Selecionar tarefas de interesse para os alunos; Q31 - Promover a avaliação da utilidade da Matemática na vida cotidiana e profissional;
Motivacionais	Q32 - Promover a implicação nas atividades, a perseverança, responsabilidade, etc.; Q33 - Favorecer a argumentação, de modo que se avalie o argumento, evitando o desgosto ou o medo de Matemática;

Fonte: Autores adaptado de Andrade 2014.

Tabela 6: Ferramentas de análises da categoria (componente) ecológica.

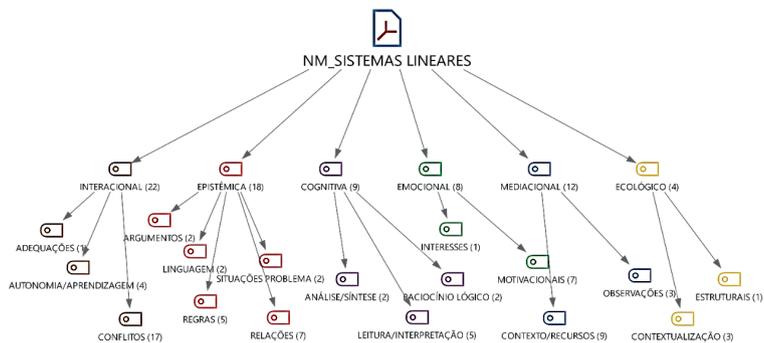
Subcategorias	Indicadores
Contextualização	Q34 - Buscar relacionar os conteúdos ensinados com outros conteúdos matemáticos e de outras áreas de conhecimento; Q35 - Verificar se os conteúdos que estão sendo ensinados apresentam correspondência com as diretrizes curriculares do curso;
Estruturais	Q36 - Assegurar que tais conteúdos contribuem para a formação social e profissional dos estudantes. Q37 - Levar em conta as fontes de diversidades dos alunos;

Fonte: Autores adaptado de Andrade 2014.

Na segunda fase foram feitas as relações dos trechos e indicadores para identificação das diferentes categorias (facetas ou componentes) existentes nos quatro episódios da quinta NM, já validada.

Nesta pesquisa utilizou-se a versão livre do *software* MAXQDA, o uso deste *software* permitiu que as contagens das categorias auxiliassem nas análises qualitativas das categorias que foram elaboradas e relacionadas ao nosso foco de estudo, ou seja, verificar qual a ID conseguida em determinada aula de Álgebra Linear analisando as suas componentes na NM e destacando-se a idoneidade mediacional, através o uso do computador nesta aula sobre sistemas Lineares.

Figura 2: Modelo hierárquico dos códigos e sub códigos gerados no *software* MAXQDA.



Fonte: Autores.

O diagrama hierárquico dos códigos da Figura 2 facilita a leitura de quais códigos são mais e menos evidenciados na pesquisa, relacionando os trechos da referida NM com as categorias e subcategorias das ferramentas de análise.

Na terceira fase, as análises basearam-se na dimensão “ID na prática docente” segundo (GODINO, 2017) que apresenta a adequação

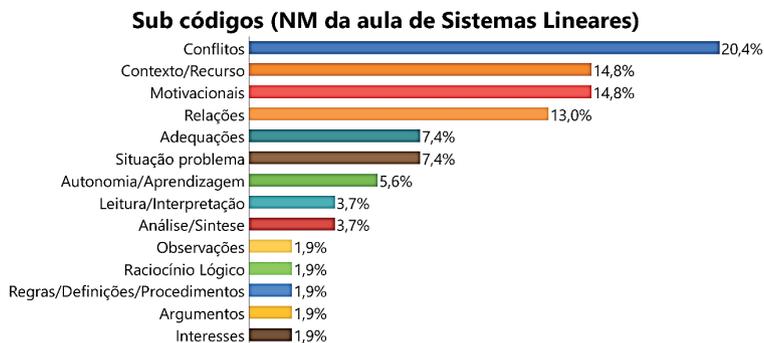
didática e alguns indicadores que podem ser observados e melhorados na prática de ensino e para auxiliar nas análises dos dados observados e codificados na NM.

Resultados e Discussão

Detalhando os resultados apresentam-se os percentuais globais das categorias da Tabela 1 encontradas na NM: 33,3% na componente Interacional; 24,1% na componente Epistêmica; 16,7% nas componentes Emocional e Mediacional; e, por fim, 9,3% na componente Cognitiva. Não foram encontrados indicadores para as categorias da componente Ecológica.

A Figura 3 apresenta os percentuais por ordem decrescente das subcategorias valores na referida NM. Observa-se que a subcategoria linguagem da componente epistêmica não foi encontrada. Volta a referir-se que as categorias da componente Emocional não foram contempladas nesta análise da NM.

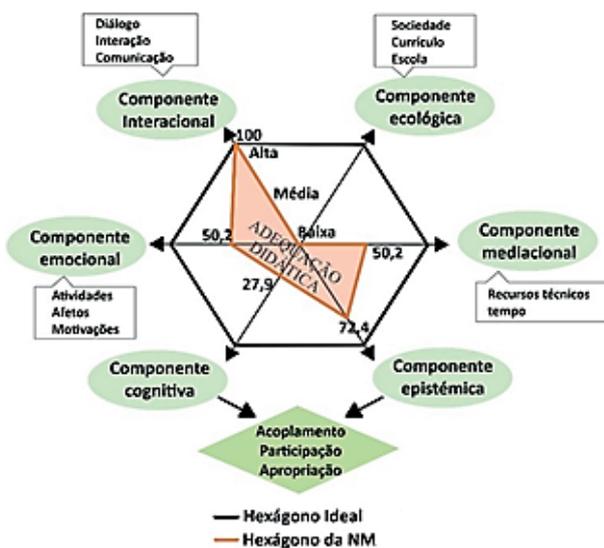
Figura 3: Percentuais das subcategorias encontradas na NM



Fonte: Autores.

Os valores dos percentuais globais foram convertidos de forma a que o valor aproximado dos 33,3% observadas na Figura 3 das somas das subcategorias da componente interacional (Tabela 4) fossem o maior valor (100% ou o comprimento total da diagonal do hexágono da ID) e com este parâmetro foram calculados para as demais componentes, tendo-se obtido o diagrama que representa a ID da referida aula de Álgebra Linear.

Figura 4: Sistema de ID observada na NM da aula de Álgebra Linear.



Fonte: Autores.

Na Figura 4 o hexágono exterior, o hexágono regular, representa a adequação correspondente a um processo de estudo planejado ou pretendido, onde um grau máximo de adequação parcial é assumido (situação, hexágono ideal). O polígono irregular interno corresponde à adequação efetivamente alcançada tal como relatada na NM (situação

da NM). Recordamos que a componente Ecológica não foi analisada por falta de informação nesta NM.

Figura 5: Indicadores observados na NM e codificados na componente interacional

subcategorias	Indicadores	Trecho codificado	Observações /Avaliações
Conflitos	Q27	[...] Face ao silêncio dos restantes alunos deduzi que o conhecimento da designação do circuito não era familiar. Como esse aspecto era irrelevante para o desenvolvimento da tarefa, decidi contornar a situação e falar em termos da aplicação das leis de Kirchhoff num circuito elétrico. [...]	O professor identificou o conflito semiótico e contornou a situação.
Adequações	Q25	[...] Consoante cada posição dos planos, os alunos conseguiram estabelecer que um sistema possível e determinado corresponde à interseção de planos num ponto, um sistema possível e indeterminado corresponde à interseção de planos numa reta e um sistema impossível corresponde à situação de planos paralelos. [...]	O professor utilizou a apresentação adequada do tema utilizando a relação do sistema linear com a geometria.
Autonomia/ /Aprendizagem	Q29	[...] Entre diversas conversas paralelas, consegui distinguir o Filipe a falar com um colega de outro grupo sobre que este tinha que ter colocado o sistema na forma canónica. Entendi este aspeto como bastante interessante, pois o aluno estava a usar uma linguagem já bastante formal no contexto da escrita de um sistema de equações lineares. [...]	O professor identificou alguns momentos em que o aluno explorou o assunto quando identificou que estava escrevendo a matriz em outra linguagem.

Fonte: Autores (codificados de NM do acervo da UTAD).

Obsevamos na Figura 5 que a componente Interacional tem uma adequação alta (100%), isto é, destacam-se os aspetos da negociação contendo os diálogos, a interação e a comunicação entre professor e alunos, visto que as competências matemáticas se potencializaram na aplicação e resolução de tarefa, codificadas nas subcategorias da componente interacional em alguns trechos da NM.

Figura 6: Indicadores observados na NM e codificados na componente mediacional

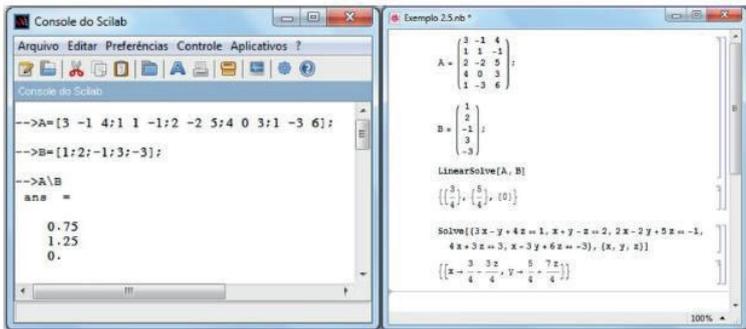
subcategorias	Indicadores	Trecho codificado	Observações /Avaliações
Contexto/ Recursos	Q19 e Q20	[...] De seguida, enquanto os alunos continuavam a resolução, fui escrevendo a matriz inicial no Scilab, com o objetivo de a seguir confirmar o resultado. Voltando ao quadro, e sem dar mais tempo aos alunos, dado que nos aproximávamos do final da aula, fui perguntando e escrevendo a matriz equivalente que obtiveram [...]	O docente fez o uso de programas informáticos com a utilização de software Scilab.
Observações	Q24	[...] Curiosamente, a estes grupos pertenciam pelo menos um aluno repetente. A seguir, informei a turma que a tarefa seria retomada num outro momento, quando aprendêssemos, entretanto, a resolver sistemas de equações lineares. O tempo de realização da subtarefa demorou mais do que o inicialmente previsto, perto dos quinze minutos. Os alunos envolveram-se positivamente na resposta à subtarefa proposta e a postura, quer individual, quer em termos de grupo, foi sempre adequada. [...]	O docente ressaltou a importância de não se perder tempo em realizar uma atividade visto que ainda não se tinha ministrado o conteúdo necessário para resolvê-lo e verificou que o tempo de resolução da tarefa não foi adequada.

Fonte: Autores (codificados de NM do acervo da UTAD).

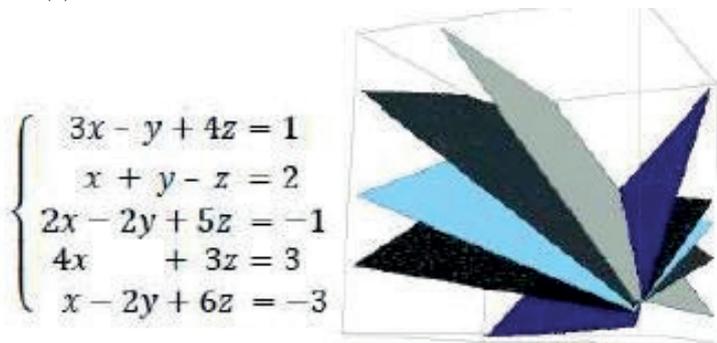
Segundo o quadro descrito da Figura 6. a componente Mediacional cujo interesse levou a análise particular é média (50,2%) e tal significa que apenas é médio o grau de adequação dos recursos usados na aula da NM, bem como os tempos necessários para os processos de ensino e aprendizagem, esta componente foi menor devido ao ambiente de ensino, evidente na informação contextual da NM.

Figura 7: (a) Resultados utilizando *scilab* e *mathematica*; (b) representação algébrica e simbólica com o *mathematica*.

(a)



(b)



Fonte: Narração Multimodal

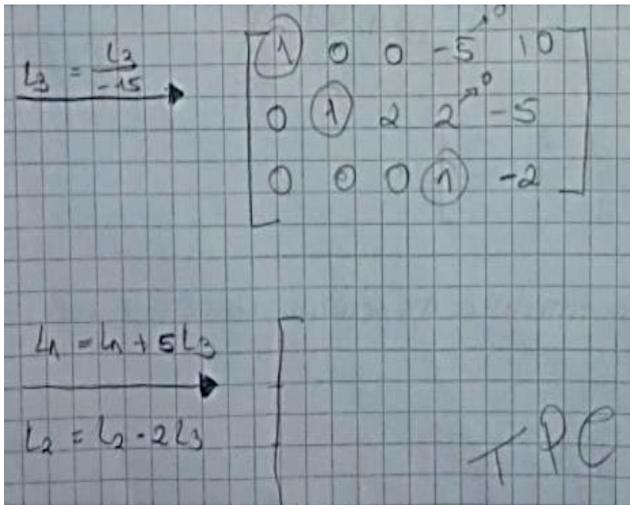
Na Figuras 7a e 7b, o professor utilizou a simulação para calcular a solução do sistema Linear utilizando software distintos e mostrou representação algébrica e simbólica utilizando ferramentas computacionais.

Figura 8: (a) Tarefa proposta, (b) resolução extraída do caderno de um aluno e (c) resultado numérico com *scilab*

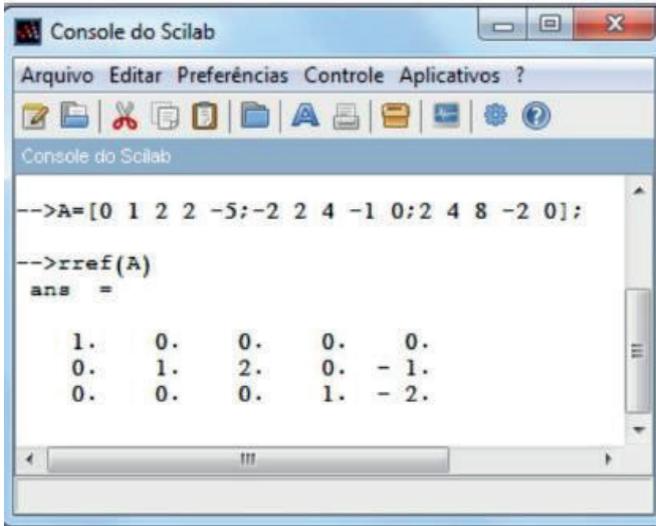
Usando a matriz

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 & 2 & -5 \\ -2 & 2 & 4 & -1 & 0 \\ 2 & 4 & 8 & -2 & 0 \end{bmatrix}, \tag{a}$$

procedimento alternativo com vista à escrita da matriz na forma canônica reduzida por linhas, pressupondo, coluna a coluna, da esquerda para a direita, a obtenção do pivô 1 e respectivo anulamento dos restantes elementos das colunas pivô acima e abaixo do pivô.



(c)



Fonte: Narração Multimodal.

Observamos nas Figuras 8a, 8b e 8c as ferramentas computacionais somente manipuladas pelo professor para avaliar os resultados da tarefa desenvolvidos algebricamente pelos alunos com resultados utilizando algoritmos computacionais.

A avaliação da componente mediacional, que auxilia na ultrapassagem das dificuldades de aprendizagem, tem que ser adaptada ao nível e ao contexto educacional é suportado por (SCREMIN et al., 2018) ao referirem que: “Metodologias de ensino que integrem o uso de tecnologias podem favorecer a aprendizagem e ainda possibilitar um ambiente mais dinâmico e motivador.”

A metodologia pretendida pelo professor foi comprometida, pois tinha intenção de que ele e os alunos interagissem com as ferramentas computacionais, mas nas informações contextuais da NM o professor relata que o ambiente não era propício para utilização

das ferramentas computacionais, pois o espaço de aprendizado não oferecia os recursos para simulações computacionais, o professor sugeriu para que os alunos levassem seus computadores pessoais, mas esbarrou em resistências dos alunos em trazer o computador portátil e na de licença para uso dos *software* pelos alunos.

Figura 9: Quadro com alguns exemplos de indicadores observados na NM e codificados como indicadores da componente epistêmica.

subcategorias	Indicadores	Trecho codificado	Observações /Avaliações
Relações	Q11	[...] Numa vista rápida às respostas que já tinha recolhido, observei que o Grupo 5 e o Grupo 7 incluíram as chavetas, tendo agrupado as equações dos nós e dos circuitos num único sistema de equações lineares (Figura 6) [...]	O professor observou que os alunos já estavam relacionando as equações oriundas dos sistemas lineares ao colocarem já as chavetas de sistemas lineares.
Situação problema	Q1	[...] Concluída esta parte, relacionei a discussão de sistemas de equações lineares com a interpretação geométrica, mais concretamente, sistemas com duas equações e duas incógnitas e a posição relativa de retas no plano. [...]	O professor articulou a discussão contextualizando sistemas lineares com a interpretação geométrica.
Argumento	Q10	[...] estabelecendo que os pivôs têm que ser 1 apenas quando se pretende escrever a forma canónica reduzida por linhas da matriz, a par do anularmento dos elementos acima e abaixo destas [...]. Continuando, falei pela primeira vez sobre uma decisão importante que os alunos tinham que tomar na resolução de exercícios [...]. Notei que, enquanto em alguns exercícios era suficiente encontrar a forma escalonada de uma matriz, noutras era necessário encontrar a forma canónica reduzida por linhas. Neste contexto, usei a metáfora de "testar", procurando dizer que segundo por uma estrada, os alunos encontrariam a forma escalonada de uma matriz e, caso pretendessem, continuando na mesma estrada, obteriam no final a forma canónica reduzida por linhas (método de eliminação de Gauss-Jordan) [...]	As explicações, são adequadas ao nível educativo a que se dirigem.
Regra/ Definições/ Procedimentos	Q8	[...] Continuei mostrando agora o seguinte sistema de equações lineares (Figura 9) e lançando a discussão em termos das limitações do método de substituição. $\begin{cases} x - 4y + 3z - 2w + t = 8 \\ y - 2z - 2w + 3t = 0 \\ -2z - 4w + t = 3 \\ 5t = 5 \end{cases}$ Figura 9: Sistema de equações lineares - Acham que é fácil resolver este sistema? ... - questionei eu. - ... (silêncio) - Tal como está neste momento? ... por substituição? ... continuei a perguntar. - Sim fácil! ... respondeu o Hugo. - Por que Hugo? - Temos logo ali o t ... adiantou o aluno. - Que vale ... interrompi eu. - Um ... estabeleceram os alunos em conjunto. - É passo a ter três incógnitas ... concluiu o Hugo. [...]	O professor utilizou procedimentos claros e corretos, adaptados ao nível educativo dos alunos ao apresentar o método de substituição. Ficou evidente um conjunto de sistemas lineares.

Fonte: Autores (codificados de NM do acervo da UTAD).

Segundo o quadro descrito da Figura 9 a componente Epistémica pode ser considerada média-alta (72,4%) e tal significa que é esse o nível da representatividade dos significados implementados (ou pretendidos) na aula desta NM, Os objetos desta categoria emergiram de maneira significativa, quando o professor utilizou várias relações matemáticas e situação problema contextualizado na tarefa e na abordagem do conhecimento comum do conteúdo foi possível identificar que o professor dominava o conteúdo observado e codificados na NM para esta categoria.

Figura 10: Exemplos de indicadores observados na NM e codificados como indicadores da componente cognitiva

Subcategorias	Indicadores	Trecho codificado	Observações/Avaliações
Análise/Síntese	Q18	[...] Passando pelo Grupo 7, valorizei a utilização das chaves. Apenas eram pedidas as diferentes equações, mas neste caso, os alunos já estavam a agrupar as equações sob a forma de sistema de equações lineares. [...]	A tarefa proposta deu a oportunidade dos alunos relacionarem as equações com simbologias do objeto matemático sistemas lineares já conhecidos pelos mesmos, observada com organização em um grupo de alunos na colocação das chaves nas equações.
Leitura/Interpretação	Q15 e Q16	[...] Comecei por problematizar o método gráfico ao nível das suas limitações. Antes de explorar o lógico, relembrar a interpretação geométrica realizada no início da aula e a possibilidade da resolução gráfica de sistemas de equações lineares com duas equações e duas incógnitas e três equações e três incógnitas. Abordei de seguida a interpretação geométrica no contexto de um sistema de equações lineares com duas incógnitas, mas com um número maior de equações, concluindo que reportava à representação de retas no plano e à sua posição relativa, pelo que o método gráfico ou exploração geométrica era aplicável. [...]	O professor propiciou a apresentação adequada de um mesmo objeto matemático com representação algébrica e geométrica de sistemas lineares de 2 equações para fazer a relação com de 3 equações.

Fonte: Autores (codificados de NM do acervo da UTAD).

A componente Cognitiva teve um peso baixo (27,9%) que expressa o baixo desenvolvimento individual dos alunos quanto aos significados pretendidos/implementados na aula desta NM. Tais momentos evidenciaram-se quando o professor observou as organizações das equações do circuito de Wheatstone com as simbologias de sistemas e quando fez a representação do objeto em estudo com outros objeto matemático, observáveis nos trechos codificados na Figura 10 e quando realcionou sistemas Lineares com a matriz de coeficientes não teve o *feedback* esperado dos alunos da turma.

Figura 11: Exemplos de indicadores observados na NM e codificados como indicadores da componente emocional

Subcategorias	Indicadores	Trecho codificado	Obsevações/Avaliações
Motivacionais	Q32	[...] Neste momento, dirigindo-me à turma, reiterei que primeiro escreviam a equação de cada um dos nós e depois as equações para os circuitos. [...]	O professor nesse momento promove a inclusão dos alunos ao indicar o que deve ser feito na atividade.
Interesses	Q30	[...] Comecei por referir-me a uma tarefa que os alunos teriam que desenvolver, em aproximadamente cinco minutos, sob o pressuposto de funcionar como aproximação à introdução do método de eliminação de Gauss. Projetei a folha de rosto da tarefa e questionei os alunos sobre o circuito apresentado: <ul style="list-style-type: none"> - Num circuito que tem uma designação particular ... que é Ponte de Wheatstone ... já ouviram falar? - Ponte de Wheatstone? Já – disse o Filipe. - O nome é-vos familiar? - Não! – respondeu a Joana. - Tem quatro resistências – continuou o Filipe e corroborou o Evan, que começava a lembrar-se. - Mas neste caso temos cinco resistências! – esclareci. Como a imagem do circuito projetada estava um pouco desfocada, ampliei a imagem e continuei: <ul style="list-style-type: none"> - Neste caso, temos quantas resistências? Cinco resistências e uma ... uma ... <ul style="list-style-type: none"> - Uma fonte de alimentação – completou o Evan. - Uma fonte de alimentação – repeti eu. [...] 	O professor utiliza uma tarefa de interesse de aluno que cursa engenharia

Fonte: Autores (codificados de NM do acervo da UTAD)

A componente Emocional também foi média (50,2%) o que revelou processo de envolvimento (por exemplo, interesse e motivação observáveis na Figura 11) médio na aula desta NM, foi percebida uma boa relação do professor com a turma que facilitou as interações entre professor e alunos. Em alguns momentos da aula o professor buscou incentivar os alunos na realização das tarefas elogiando-os quando atingiam as metas propostas e outros passos a mais além conseguidos, dando ênfase à perseverança para chegar ao resultado final.

A componente Ecológica não foi analisada por falta da informação sobre o projeto educacional, as diretrizes curriculares e condições do ambiente social desta NM.

Conclusões

Neste capítulo, embasado no EOS, fez-se a análise das componentes da ID no sentido de refletir sobre o grau de adequação didática global e, em particular, com destaque da componente mediacional numa NM que possibilitou evidenciar satisfatoriamente a intenção do professor na implementação de tarefa e utilização de tecnologia, correspondente a uma aula de Álgebra Linear (sistemas Lineares).

Neste trabalho, a ID Global analisando a NM foi média e as suas componentes/facetos permitiu refletir sobre o nível da ID de cada uma delas, proporcionando observações e avaliações para a compreensão e melhorias das práticas educativas. Em particular, a da componente mediacional, foi detetada essa falta do acesso à tecnologia pelos alunos, bem como referências ao uso do tempo de lecionação inadequado, talvez os motivos pelos quais a componente mediacional não obteve, neste caso, um grau de adequação mais elevado. A NM identificou que o professor dominava o conteúdo, mas em contra partida o tempo nas resoluções das tarefas não foram satisfatórias, sugerimos que o uso adequado da referida componente contribuiria para minimizar os conflitos semióticos e que a adequação da mesma poderia contribuir no equilíbrio epistemológico da referida aula.

A tecnologia é uma ferramenta essencial para a aprendizagem matemática no século 21 e todas as escolas deveriam garantir que todos os seus alunos tenham acesso à tecnologia, pois as subcategorias da componente mediacional, além de potencializarem o desenvolvimento, compreensão, estimulam a autonomia, trabalho colaborativo, aumentam o interesse pelos alunos em matemática e os benefícios citados refletem no desenvolvimento das outras facetos que fazem parte do sistema de ID, proporcionando equilíbrio na adequação didática, necessário para melhorias nos processos de ensino e aprendizagem de aulas de matemática.

Referências

ANDRADE, Luísa Silva. Currículos de Matemática no Ensino Médio: um olhar sob a perspectiva do Enfoque Ontosemiótico do Conhecimento e a Instrução Matemática. **Teses e Dissertações PPGECIM**, 2014.

AYGOR, Nilgun; OZDAG, Hulya. Misconceptions in Linear algebra: the case of undergraduate students. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 46, p. 2989-2994, 2012.

BARDIN, Laurence. Análise de conteúdo. (1977). **Lisboa (Portugal): Edições**, v. 70, p. 225, 2010.

COHEN, Louis; MANION, Lawrence; MORRISON, Keith. **Research methods in education**. routledge, 2017.

GODINO, Juan D.; BATANERO, Carmen; FONT, Vicenç. Um enfoque onto-semiótico do conhecimento e a instrução matemática/An onto-semiotic focus of knowledge and the mathematical instruction. **Acta Scientiae**, v. 10, n. 2, p. 07-37, 2008.

GODINO, Juan D. et al. Análisis y valoración de la idoneidad didáctica de procesos de estudio de las matemáticas¹. **Paradigma**, v. 27, n. 2, p. 221-252, 2006.

GODINO, Juan et al. Construyendo un sistema modular e inclusivo de herramientas teóricas para la educación matemática. 2017. Disponível em 26.08.2020 em <http://enfoqueontosemiotico.ugr.es/civeos/godino.pdf>

GODINO, Juan D.; BATANERO, Carmen; FONT, Vicenç. El Enfoque ontosemiótico: implicaciones sobre el carácter prescriptivo de la didáctica. **Revista Chilena de Educación Matemática**, v. 12, n. 2, p. 47-59, 2020.

LOPES, J. B. et al. Investigação sobre a Mediação de professores de Ciências Físicas em sala de aula. **Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro**, 2010.

SCREMIN, Gisele et al. O uso de tecnologia no ensino e na aprendizagem de cálculo diferencial. **Revista Docência do Ensino Superior**, v. 8, n. 2, p. 119-139, 2018.

CAPÍTULO V

Proerd Digital: Um Aplicativo para Dispositivos Móveis como Ferramenta Didática de Ensino aos Instrutores do Programa Educacional de Resistência às Drogas

Edson do Vale Palheta Junior¹

Alberto Jorge Ferreira Bastos²

Danileno Meireles do Rosário³

“Muita coisa mudou, mas o dilema permanece: por mais dispositivos móveis que tenhamos, o amor ainda se passa de pessoa para pessoa.”

NASSOR DE OLIVEIRA RAMOS

Highlights

This chapter presents a context in which the school is an ideal environment for efforts to fight illicit drugs. the research shows an educational program that maximizes the information regarding this theme.

Nos últimos anos, a violência nas escolas tem sido motivo de preocupação do poder público e de toda a sociedade, principalmente pela forma como vem se manifestando. Neste sentido, estudos mostram que, infelizmente, muitos jovens começam a se envolver com drogas na própria escola e, logo em seguida, passam a cometer pequenos delitos, avançando muitas vezes a situações e crimes mais graves (SPENGLER & SILVA, 2017).

1 IFPA Campus Castanhal - Licenciado em Informática - sdpalheta@gmail.com.

2 IFPA Campus Castanhal - Licenciado em Informática - alberto.edificar@gmail.com.

3 IFPA Campus Castanhal - Mestrado em Ciência da Computação - danileno.rosario@ifpa.edu.br.

Nesse contexto, muitos especialistas passaram a tratar o ambiente escolar como sendo propício e adequado para campanhas e atividades que possibilitassem e promovessem tanto o combate quanto ações preventivas que gerassem a conscientização sobre riscos e danos causados pelo consumo e venda das drogas. Assim, a escola tornou-se também um lugar adequado para despertar a consciência crítica dos indivíduos e discutir estratégias que previnam o contato inicial com as drogas.

Pensando nisso, foram criadas várias tentativas e modelos de intervenção para a prevenção e/ou redução da venda e uso de drogas na sociedade. Dentre os modelos existentes, tem-se destacado o que visa à prevenção por meio da educação. Ou seja, enquanto muitos modelos de combate às drogas já estão inseridos no “problema” consumo e tráfico, esse modelo visa, antecipadamente, a reduzir ou mesmo prevenir o problema. Um exemplo desse modelo é o Projeto “*Drug Abuse Resistance Education*” (D.A.R.E.), adotado por cerca de 50% das escolas locais e nos distritos em todo o território dos Estados Unidos (MOREIRA, 2005).

No Brasil, é desenvolvido um Programa semelhante conhecido como PROERD – Programa Educacional de Resistência às Drogas. E, assim como nos Estados Unidos, é aplicado principalmente por policiais militares. No Pará, esse Programa existe desde 2003 e já atua na maioria dos municípios do Estado. Este programa consiste em uma ação conjunta entre as Polícias Militares, escolas e famílias, no sentido de prevenir o abuso de drogas e a violência entre estudantes, bem como ajudá-los a reconhecer as influências diárias que contribuem ao uso de drogas e à prática de violência, desenvolvendo estratégias para resisti-las.

No município de Castanhal/PA, o PROERD existe desde 2008 e já formou mais de 15.000 alunos em mais de 40 escolas públicas estaduais, municipais e privadas. As aulas são ministradas por policiais

militares, devidamente capacitados, à alunos da educação infantil e do 5º ao 7º ano do Ensino Fundamental. Basicamente, o conteúdo programático e atividades são aplicados por meio de cartilhas padronizadas do Programa e, assim, só atendem o público específico ao qual está sendo trabalhado naquele período. Alcançando, portanto, um número ainda limitado de alunos, frente ao tamanho e rapidez que a venda e consumo de drogas avançam pelos ambientes escolares. Vale ressaltar que o número de profissionais dedicados ao Programa ainda é muito pequeno em relação a demanda nas escolas de Castanhal.

Neste contexto, a informática surge como elemento pedagógico de grande alcance e que, atualmente, está presente em todos os segmentos da sociedade. Diante disso, Rocha (2008) afirma que a Informática Educativa privilegia a utilização do computador como a ferramenta pedagógica que auxilia no processo de construção do conhecimento. Seguindo o mesmo raciocínio, adotamos o uso das Tecnologias de Informação Móveis (TIMs), que proporcionam a mobilização das pessoas ainda que geograficamente e fisicamente distantes dos espaços educacionais formais, tais como salas de aula, salas de treinamento ou local de trabalho (KOSCHEMBAHR, 2005).

Com base nisso, chega-se ao conceito de Aprendizagem Eletrônica (*e-learning*) ou Ensino Eletrônico, que é um modelo de ensino não presencial realizado através de um ambiente virtual *online*, aproveitando os recursos da Internet para a comunicação e distribuição de conteúdo. Através deste conceito, se avança para a Aprendizagem Móvel, do inglês *Mobile Learning* (ou simplesmente *m-learning*), que é um novo modelo de ensino a distância que pode ser definido como sendo uma modalidade de *e-learning*, em que a aprendizagem ocorre através de dispositivos eletrônicos móveis, de fácil manuseio, como *smartphones* e *tablets*, por exemplo (TAROUCO *et al.*, 2004). O principal objetivo desta modalidade é permitir o processo de aprendizagem em qualquer lugar e em qualquer momento.

Buscando aumentar a escalabilidade do PROERD e tornar as aulas do Programa mais interativas e atrativas, este trabalho tem a proposta de desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis, chamado PROERD DIGITAL, para que seja utilizado como ferramenta didática de ensino-aprendizagem pelos instrutores e alunos do Programa no período das aulas.

Vale ressaltar que o aplicativo proposto é uma demanda da própria Polícia Militar local, conforme questionamento feito de uma das instrutoras do PROERD em Castanhal:

[...] vivemos em uma era totalmente informatizada, e as inovações precisam ser adquiridas, precisam ser conquistadas. E, com relação ao PROERD, por que ainda não tivemos dentro do país ou até mesmo do Estado um posicionamento sobre essa questão da criação de um aplicativo?!

Em outro trecho, a mesma instrutora afirma: “eu vejo interesse até por parte da polícia em criar um aplicativo desse nível, onde possamos sair na frente e sermos pioneiros”.

Assim, o objetivo principal deste artigo é desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis para auxiliar os instrutores do PROERD em Castanhal, modernizando os recursos pedagógicos utilizados pelo Programa e promovendo uma maior interação entre os instrutores e os alunos, além de desenvolver o aspecto cognitivo da criança e tornar as aulas mais atrativas e dinâmicas.

Portanto, a contribuição desta pesquisa será tornar o PROERD mais acessível, mais interativo e atrativo, com maior visibilidade na sociedade e atendendo um público que vai além dos muros das escolas. Nesse sentido, o aplicativo auxiliará os instrutores no processo pedagógico de aplicação dos conteúdos do Programa, dentro do planejamento das aulas, fornecendo recursos que tornem as aulas mais interessantes para os alunos.

O PROED

O Programa Educacional de Resistência às Drogas (PROERD) não é um programa originalmente brasileiro, mas sim uma adaptação do programa norte americano *Drug Abuse Resistance Education* - D.A.R.E., implantado em 1983, nas turmas de 5ª série, pela professora e psicopedagoga Ruth Rich, do Distrito Escolar de Los Angeles - EUA. Atualmente, o D.A.R.E. abrange mais de 64 países no mundo, inclusive no Brasil, onde está sendo implantado em todas as unidades da federação (CEARÁ, 2010).

No Rio de Janeiro, com o aumento do tráfico de drogas e da violência, a Polícia Militar buscava alternativas em projetos de combate preventivo, principalmente quanto ao uso indiscriminado de drogas e suas consequências. Posteriormente, uma equipe da assessoria técnica da Polícia Militar do Estado do Rio de Janeiro (PMERJ) participou de uma palestra realizada por agentes do Departamento de Polícia de Los Angeles, passando a conhecer o Programa DARE.

A partir de então, o Departamento de Polícia de Los Angeles e a PMERJ tornaram-se parceiras, onde a embaixada americana comprometeu-se em providenciar uma equipe de profissionais para dar treinamentos aos policiais militares do Rio de Janeiro, sendo concretizado em agosto de 1992. Feito isto, adaptou-se o nome do Programa DARE à nossa realidade, para PROERD.

Desta forma, nasceu no Brasil o PROERD, com objetivos semelhantes ao que levou a sua criação nos Estados Unidos: combater preventivamente o uso indiscriminado de drogas como medida de controle e combate também da violência, bem como o seu modelo de aplicabilidade que fica exclusivamente restrito a policiais militares devidamente uniformizados, dividindo-os em três níveis de atuação: Instrutores, Mentores e *Master* (CEARÁ, 2010).

No Estado do Pará, a aplicação do PROERD teve início em

2002 e, através da Lei de Organização Básica da Polícia Militar do Pará - PMPA, em 2014, passou a ser gerenciado pelo Centro de Capacitação e Prevenção Primária CCPP, subordinado à diretoria de Polícia Comunitária e Direitos Humanos da PMPA.

O PROERD em Castanhal é subordinado ao CCPP e fica localizado na área do Comando Regional de Policiamento III – CPR III, no nordeste paraense. Ele está sendo aplicado desde 2008 e, hoje, conta com dois instrutores que desenvolvem suas atividades em torno da área do CPR III, especificamente no município de Castanhal, lotados no 5º Batalhão de Polícia Militar, onde, de 2008 a 2018, formaram 15.722 alunos de um total de 44 escolas atendidas pelo programa no município castanhalense (PARÁ, 2018).

O PROERD Digital

O PROERD DIGITAL é uma aplicação *Android* para dispositivos móveis, que oferece os mesmos recursos do acervo bibliográfico pertencente ao PROERD, de uma forma digital para os instrutores, propondo uma nova ferramenta pedagógica de auxílio nas instruções do Programa, que visa proporcionar aos alunos um aprendizado mais atrativo e interativo com aulas mais dinâmicas.

O desenvolvimento do aplicativo foi feito no *Visual Class*[®], um *software* de autoria e multiplataforma. Essa escolha se deu pelo fato de ser um *software* que não exige um conhecimento em programação, ou seja, é um programa que permite qualquer educador criar situações de aprendizagens, fazendo uso de suas habilidades e competências sem se preocupar com conhecimento específico em programação, criando suas próprias ferramentas de ensino.

A proposta era desenvolver um *software* didático que utilizasse os recursos das aulas do Programa de maneira sequencial, expositiva,

interativa, de fácil utilização, confiável e com desempenho satisfatório, funcionando de forma *off-line*.

As funcionalidades do aplicativo foram desenvolvidas de forma simples e objetiva, para que os usuários pudessem executar as tarefas que normalmente são comuns em dispositivos móveis. Aqui, serão apresentadas a instalação, as principais telas e as funcionalidades que o aplicativo oferece.

O primeiro passo para a instalação do aplicativo PROERD DIGITAL é instalar a plataforma chamada *Class[®] Player*, disponível no *Play Store*. O segundo passo é realizar o *download* do aplicativo PROERD DIGITAL dentro da plataforma *Class[®] Player*, que será possível através do fornecimento de uma senha entregue pelo suporte técnico do *Visual Class[®]*. Realizado o *download*, o ícone do aplicativo passa a ser visto dentro da plataforma do *Class[®] Player*, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1: PROERD DIGITAL instalado na plataforma *Class[®] Player*



A tela inicial do aplicativo (Figura 2), utiliza a logomarca do Programa como botão de início para a tela principal “*Menu*”, onde estarão listadas todas as lições do aplicativo.

Figura 2: Tela inicial do PROERD DIGITAL



A tela inicial também possui um *link* inserido na palavra “CRÉDITOS”, onde estão os nomes de todas as pessoas e instituições envolvidas no desenvolvimento do aplicativo, conforme Figura 3.

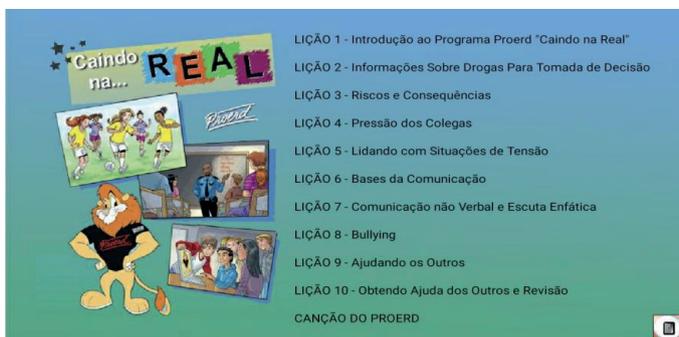
Figura 3: Tela “CRÉDITOS”



Na tela principal do aplicativo (Figura 4) estão os nomes das dez lições que o PROERD oferece em seus materiais impressos e de multimídia. Cada nome na tela é um *link* de acesso, bastando um clique do usuário para acessá-las, ou seja, ao clicar em cima do nome de uma lição ou na “Canção do PROERD”, o aluno é direcionado

para aquele conteúdo correspondente. No canto inferior direito está o botão “Sair”, que direciona o aluno de volta à plataforma do *Class* Player*.

Figura 4: Tela principal do PROERD DIGITAL



O acervo multimídia do Programa encontra-se distribuído dentro de suas lições e na Canção do PROERD. Neles, estão inseridos dezesseis vídeos e um áudio, onde os instrutores os utilizam no processo de ensino-aprendizado, durante as instruções e lições em cada aula.

Nesse sentido, no desenvolvimento da aplicação, teve-se o cuidado de disponibilizar os vídeos na sequência de telas definidas pelos instrutores do Programa. As telas de vídeos possuem botões de controle de execução: “Iniciar”, “Parar” e “Voltar”, conforme Figura 5.

Figura 5: Tela de vídeo



As lições do PROERD possuem diversos exercícios disponíveis em cartilhas. Para essas lições, os instrutores propuseram a inclusão de três exercícios a serem executados no PROERD DIGITAL, de forma interativa, sendo dois de preenchimento de lacunas (sobre o álcool e o tabaco), representados na Figura 6, e um exercício de caça-palavras (Figura 7).

Figura 6: Exemplo de exercício de preenchimento de lacunas

PREENCHIMENTO DAS LACUNAS SOBRE O ÁLCOOL

- A bebida alcoólica é **LEGAL** para menores de 18 anos.
- A mistura de **ALCOOL** com **REMÉDIOS** é perigosa.
- Há **17.300** mortes relacionadas ao consumo de bebidas alcoólica, a cada ano no Brasil.
- A maioria dos jovens **NÃO CONSUME** bebida alcoólica.
- A bebida alcoólica deixa o **CORPO** e o **CÉREBRO** mais lentos.
- Dois efeitos da bebida alcoólica são **REFLEXOS MAIS LENTOS** e **FALHA DE MEMÓRIA**.

REMÉDIOS - FALHA DE MEMÓRIA - CÉREBRO - NÃO CONSUME - 17.300 - ILEGAL - CORPO - ÁLCOOL - REFLEXOS MAIS LENTOS

Figura 7: Tela do exercício de caça-palavras

CAÇA PALAVRAS

Caindo **REAL** na...

C	O	M	P	R	O	M	I	S	S	O	L	P	S
P	O	L	I	C	I	A	L	P	R	O	E	R	D
B	O	M	C	I	D	A	D	A	O	D	V	C	R
B	P	A	U	S	A	A	N	S	I	S	A	O	I
U	I	S	S	N	R	S	D	R	P	E	S	N	S
L	E	D	O	E	I	E	S	O	E	I	N	F	I
L	S	I	A	D	G	C	L	I	D	R	O	I	N
Y	E	P	O	S	I	U	A	A	D	S	P	A	I
I	O	I	S	R	N	O	R	C	T	R	S	N	A
N	D	A	N	O	N	I	M	O	A	A	E	T	S
G	E	E	S	P	E	C	T	A	D	O	R	E	P

ANÔNIMO - BULLYING - ESPECTADOR - COMUNICAÇÃO - CONFIANTE - POLICIAL PROERD - BOM CIDADÃO - PAUSA - COMPROMISSO - RELATAR - RESPONSÁVEL - SEGURO.

Para facilitar e direcionar os alunos a concluírem todas as tarefas, em cada exercício é disponibilizado um glossário de palavras, que serão utilizadas para concluírem o exercício corretamente.

Na conclusão de cada exercício, o aplicativo mostrará na tela uma mensagem referente ao resultado daquela atividade. Caso o aluno conclua o exercício com sucesso, o aplicativo mostrará uma mensagem de “Parabéns!”; caso o aluno não conclua o exercício da forma correta, é mostrada a seguinte mensagem: “Reveja preenchimentos”. Por fim, caso o aluno deixe alguma resposta em branco, o aplicativo mostrará na tela a mensagem “Existe preenchimento em branco”.

Descrição e Análise dos Resultados

Para a coleta de dados da pesquisa, foram aplicados questionários semiestruturados aos instrutores do PROERD. A escolha deste instrumento possibilita o pesquisador “obter conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas e situações vivenciadas” (GIL, 2008). A pesquisa também estabelece um caráter qualitativo explicativo que, segundo Teixeira (2014), permite o pesquisador reduzir a distância entre a teoria e os dados analisados, entre o contexto e a ação, considerando suas experiências pessoais na análise e compreensão dos fenômenos estudados.

Ambiente da Pesquisa

Para a escolha do ambiente da pesquisa, tivemos que respeitar as diretrizes estabelecidas pelo PROERD, que estabelece requisitos que devem ser atendidos para que a escola possa ser contemplada para a ministração do referido curso.

Em Castanhal, o PROERD atende diversas escolas públicas de ensino fundamental, trabalhando com alunos do 5º ao 7º ano. Nesse sentido, definimos alguns requisitos para a escolha da escola onde a pesquisa pudesse ser aplicada:

A escola deve estar inserida no Programa PROERD, ministrado pelos instrutores da Polícia Militar do Pará em Castanhal;

Pertencer à rede pública municipal de ensino;

Trabalhar com alunos do ensino fundamental inseridos no curso PROERD.

Desta forma, a Escola Municipal de Ensino Fundamental “Mãe Maria Viganó” foi selecionada para a realização da pesquisa, por preencher os requisitos supracitados necessários para aplicação da pesquisa. Esta escola foi fundada há 50 anos e está localizada na zona urbana do município de Castanhal. Atualmente, a escola é dirigida pelo professor Ronaldo Pacífico Reis, que autorizou a aplicação da pesquisa sob a supervisão da professora Jacilene Soares Souza Reis, que atua com os alunos do 5º ano nesta escola.

Os instrutores

A pesquisa foi aplicada com a participação de dois instrutores do PROERD, que serão identificados neste trabalho como “Instrutor 1” e “Instrutor 2”. A 1ª Lição do Programa foi ministrada com duração de 45 minutos auxiliados pelo aplicativo PROERD DIGITAL, instalado em *tablets* cedidos pelo Núcleo Tecnológico Municipal de Castanhal (NTM) para os testes com os alunos.

Vale desatacar que estes instrutores são os únicos responsáveis pela manutenção e aplicação do Programa no município. Sendo assim, não houve escolha de critérios para uma seleção mais ampla, mas sim o aproveitamento dos mesmos.

Abaixo relacionamos a descrição do perfil dos instrutores do PROERD, sujeitados ao questionário.

- ✓ Identificação: Instrutor 1

Sexo: Masculino

Tempo de serviço no PROERD: de dois a cinco anos.

Formação acadêmica: Licenciatura em Matemática com Especialização em Metodologia do Ensino de Matemática e Física.

✓ Identificação: Instrutor 2

Sexo: Feminino

Tempo de serviço no PROERD: de cinco a dez anos

Formação acadêmica: Pedagogia.

Analisando o perfil de cada instrutor percebemos que ambos possuem formação acadêmica na área da educação, o Instrutor 1 tem uma qualificação mais ampla, onde buscou se especializar em métodos de ensino em sua área de atuação.

Outro fator que observamos, foi a quantidade de instrutores e o tempo que atuam no Programa em Castanhal. Apesar de o Programa existir no Pará desde 2002, somente a partir de 2008 ele começou a ser aplicado nas escolas do município, com apenas dois instrutores que mantêm e aplicam os cursos do PROERD até os dias atuais.

Análise dos Resultados da Pesquisa

Nesta seção, serão tratados os resultados da pesquisa aplicada aos instrutores do PROERD através de questionário semiestruturado. Foram propostos dois questionários iguais para os sujeitos da pesquisa, divididos em três partes, sendo 3 questões objetivas e 9 questões subjetivas.

Na primeira parte do questionário, foram feitas três questões que tratam da identificação de dados pessoais, descrita anteriormente. Na segunda parte, foram feitas três questões a respeito do conhecimento

de informática dos mesmos. Por fim, na terceira parte, foram feitas cinco questões sobre o uso do aplicativo PROERD DIGITAL nas lições do programa.

Todas as análises foram baseadas nas respostas dos instrutores do programa, retiradas diretamente do questionário com a finalidade de analisar se houve uma melhoria significativa ou não de aproveitamento nas instruções do Programa com o uso da ferramenta digital. As respostas serão apresentadas seguindo as partes do questionário (Parte II e Parte III).

✓ PARTE II – Conhecimento de Informática

Nesta parte do questionário, foram feitas perguntas referentes ao conhecimento em informática dos instrutores.

Possui algum treinamento ou cursos na área de informática? Em caso afirmativo ou negativo, comente?	
INSTRUTORES	RESPOSTAS
Instrutor 1	Sim, informática básica e avançada, montagem e manutenção de micro computador e montagem de redes.
Instrutor 2	Sim, operador de computador, informática básica e avançada, manutenção de micro computador com noções de sistema de rede.

Na questão acima os instrutores afirmam ter conhecimento em informática, citando certificações em cursos na área.

Possui algum suporte tecnológico da Polícia Militar para ministrar o curso? Comente.	
INSTRUTORES	RESPOSTAS
Instrutor 1	Sim, notebook e Datashow.
Instrutor 2	Não, apenas previsão de aquisição de meios.

Em relação a esta pergunta, observamos que houve uma contradição nas respostas dos instrutores, onde o primeiro cita que possui suporte da PM para a realização do curso e o segundo comenta apenas da previsão de aquisição dos mesmos.

Se sente capacitado para superar as dificuldades técnicas/operacionais no uso dos dispositivos móveis, que possam surgir durante as lições do programa?

INSTRUTORES	RESPOSTAS
Instrutor 1	Sim.
Instrutor 2	Sim.

Com base na questão acima, os instrutores se dizem preparados para uma possível/futura migração do PROERD para uma plataforma digital.

✓ PARTE III – Uso do PROERD DIGITAL nas Lições

Nessa parte do questionário, foram tratadas questões relacionadas às percepções dos instrutores após o uso do aplicativo PROERD DIGITAL, as diferenças na aplicação das lições no novo formato, se houve melhoria significativa no processo de ensino e aprendizagem com o auxílio da ferramenta nos dispositivos móveis, a percepção quanto ao comportamento dos alunos antes e depois do PROERD DIGITAL e, por fim, a opinião de cada um sobre tais mudanças.

Houve melhoria no entendimento das lições do programa, após o uso do aplicativo PROERD DIGITAL? Em caso afirmativo ou negativo, comente.

INSTRUTORES	RESPOSTAS
Instrutor 1	Sim, deixou a aula mais atrativa.

Instrutor 2	Sim, parcialmente, pois atraiu a atenção das crianças ao assunto abordado, contudo limitou a interação com o interlocutor.
-------------	--

Nesse ponto, os instrutores afirmam que houve melhoria no entendimento da lição ministrada. Porém, o Instrutor 2 chama a atenção para uma mudança na interação durante as atividades. Isso se deve a uma dificuldade natural de lidar e direcionar a instrução nesse novo cenário, em virtude de não estarem adaptados ao uso de uma nova ferramenta tecnológica no cotidiano do curso.

Quais as diferenças na aplicação das lições do PROERD como auxílio do aplicativo PROERD DIGITAL nos dispositivos móveis? Comente.	
INSTRUTORES	RESPOSTAS
Instrutor 1	O livro foi substituído pelo dispositivo móvel, deixou a aula mais atrativa.
Instrutor 2	O uso da tecnologia emprega recurso de mídia bem acessível e todo o conteúdo fica a disposição do manuseio do próprio aluno.

A questão acima mostra claramente que alguns objetivos foram alcançados na aplicação do PROERD DIGITAL, uma vez que o Instrutor 1 diz que o dispositivo móvel deixou a aula mais atrativa, enquanto o outro declara que o uso dos recursos tecnológicos tornou o conteúdo mais acessível e deu mais liberdade aos alunos na condução do próprio processo de aprendizagem.

Houve melhoria significativa no processo de ensino e aprendizagem com o auxílio da ferramenta? Em caso de afirmativo ou negativo, comente.	
INSTRUTORES	RESPOSTAS
Instrutor 1	Não, mas houve um avanço com relação à aproximação entre o aluno e o dispositivo móvel, pois os alunos têm mais afinidades com os aplicativos e com isso o interesse em aprender usando essa ferramenta torna-se maior.
Instrutor 2	Houve melhoria, porém ainda não tão significativa, pois o aplicativo requer aprimoramento, com tudo, o avanço tecnológico e o uso no processo serão positivos.

Mais uma vez, os instrutores pesquisados mostraram contradição nas afirmativas das respostas, porém os comentários mostram o posicionamento individual sobre a melhoria no processo de aprendizagem com o auxílio da aplicação móvel com os alunos.

Em relação à declaração do Instrutor 1, não houve mudança significativa, mas o avanço na relação entre o dispositivo e o aluno demonstra que os recursos tecnológicos, além de atraírem os alunos, aproximam os conteúdos através dos dispositivos móveis.

Em relação ao Instrutor 2, a sua afirmação demonstra uma ligeira melhoria. Também declara que o aplicativo precisa de aprimoramento e salienta que o uso dos recursos tecnológicos no Programa apresenta boas perspectivas para o futuro.

Qual a sua percepção sobre o comportamento do aluno antes e depois do PROERD DIGITAL? Comente.

INSTRUTORES	RESPOSTAS
Instrutor 1	Antes, com a utilização do livro, o comportamento do aluno não fugia da normalidade. Com o PROERD DIGITAL a curiosidades e a oportunidade de utilizar um dispositivo móvel sem dúvida deixou os alunos mais inseridos no assunto.
Instrutor 2	Antes, o aluno recebia o PROERD como mais uma aula. Depois, além do conteúdo trabalhado pelo programa, o aluno tem o diferencial, que é o digital, inserido em sala de aula, o que foge ao habitual.

Nesta questão, os instrutores afirmam que não houve mudanças que fugissem a normalidade, mas comentaram sobre outras percepções: o Instrutor 1 deu ênfase na atenção do aluno dada ao assunto, por ser visto, agora, em um dispositivo móvel; o Instrutor 2 percebeu a diferença no interesse dos alunos, uma vez que, antes, encaravam o Programa como uma aula normal e que, com o uso da ferramenta digital, a aula fugiu do habitual.

Por fim, qual a sua opinião sobre a ideia de migrar o PROERD para uma plataforma digital, através do uso de um aplicativo para dispositivos móveis?

INSTRUTORES	RESPOSTAS
Instrutor 1	A substituição do livro físico é uma ideia excelente, a aula ficaria mais dinâmica e interessante para os alunos.
Instrutor 2	Ideia excelente, que possibilitará o acesso do conteúdo do programa PROERD a todos e com mesma utilização de recurso, como é o caso do material impresso. No entanto, faz-se necessário o aprimoramento da ferramenta e inclusão de mais conteúdo interativo, a fim de atrair ainda mais a atenção dos alunos (crianças).

Com base nas respostas dadas pelos instrutores nesta questão, percebemos a aprovação/aceitação da proposta, porém as respostas vão além, trazendo pontos relevantes sobre as aulas e a ferramenta tecnológica: o Instrutor 1 comenta que, além da excelente ideia de migrar o Programa para uma plataforma digital, o aplicativo desperta mais interesse nos alunos e torna a aula mais dinâmica; já o Instrutor 2 concorda com a ideia, mas observa para a necessidade do constante aprimoramento/atualização da ferramenta e, conseqüentemente, a inclusão de mais conteúdos interativos para manter a atenção dos alunos.

Conclusão

Este capítulo teve como foco principal o desenvolvimento do aplicativo PROERD DIGITAL, para ser utilizado como uma ferramenta pedagógica de auxílio ao curso ministrado pelos instrutores do PROERD, na cidade de Castanhal. O PROERD atua na prevenção do uso de drogas e no combate a violência nas escolas. Suas aulas, até então, são realizadas com auxílio de cartilhas, *datashow* e slides. O objetivo do Programa é despertar no aluno a consciência para o problema com drogas, suas consequências e como evitá-las.

O PROERD DIGITAL auxilia os instrutores nas aulas e possibilita o aluno a aprender com uma ferramenta digital em dispositivos móveis, corroborando com Souza & Souza (2013), quando afirma que o exercício de transformar o que é complicado em útil, o estático em dinâmico, além de ser mais criativo, é estimulante e atrativo. Portanto, os conteúdos desses recursos permitem ao aluno a formação do juízo de valor que ele faz sobre o mundo e ajuda a modificar as condições negativas em que vive, a partir da análise dos indivíduos nela presentes e, juntos, constroem e modificam o ambiente social em que estão inseridos.

O desenvolvimento do PROERD DIGITAL permitiu adaptar todas as lições e exercícios do Programa original (com movimentos, cores e recursos multimídias) para o sistema operacional *Android* em dispositivos móveis, com uma interface amigável e de fácil operação.

Através da aplicação de questionários aos instrutores do PROERD, observamos a relevância da migração do Programa para o formato digital, tornando as aulas mais dinâmicas e atrativas, os conteúdos mais acessíveis e dando maior autonomia aos alunos.

No entanto, por mais que os resultados tenham se mostrados positivos, devemos considerar que a proposta de uma ferramenta digital para a aplicação das lições do PROERD pode acarretar em

outros problemas, como a obrigação de aquisição de *tablets* para todos os alunos do Programa e a constante manutenção/atualização destes dispositivos, tanto de *hardware* quanto de *software*, além da constante formação/treinamento aos instrutores.

Assim, podemos concluir que o PROERD DIGITAL alcançou os objetivos propostos, mostrando ser uma ferramenta tecnológica educacional promissora e com boas expectativas dos instrutores, tendo grande potencial para enriquecer o PROERD em sua missão de combate às drogas e à violência nas escolas.

Referências

CEARÁ (Estado), Cartilha Histórica do PROERD no Ceará, [S.l.: s.n.]. 2010.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

KOSCHEMBAHR, C. v. Mobile Learning: the next evolution. Chief Learning Officer, p. 40-43, 2005.

MOREIRA, F. G. Prevenção do uso indevido de drogas: avaliação de conhecimentos e atitudes dos coordenadores pedagógicos das escolas públicas de ensino fundamental da cidade de São Paulo. 2005. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Paulo, São Paulo. 2005.

PARÁ (Estado). Secretaria de Estado de Segurança Pública e defesa Social. Polícia Militar do Pará. Centro de Capacitação e Prevenção Primária – CCPP. Relatório de dados do PROERD 2018, O PROERD como responsabilidade social. Belém-PA, 2018.

ROCHA, Sinara Socorro Duarte. O uso do Computador na Educação: a Informática Educativa. Revista Espaço Acadêmico, v. 85, p. 1-6, 2008.

SOUZA, Isabel Maria Amorim de; SOUZA, Luciana Virgília Amorim de. O uso da tecnologia como facilitadora da aprendizagem do aluno na escola. Revista Fórum Identidades, 2013.

SPENGLER, F. M.; SILVA, S. E. S. A Importância do Programa Educacional de Resistência às Drogas e a Violência (PROERD) no Tratamento de Conflitos nas Escolas: a mediação como prática preventiva no combate à violência escolar. Seminário Nacional Demandas Sociais e Políticas Públicas na Sociedade Contemporânea, 2017.

TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach et al. Jogos educacionais. RENOTE: revista novas tecnologias na educação [recurso eletrônico]. Porto Alegre, RS, 2004.

TEIXEIRA, Elizabeth. As três metodologias: acadêmica, da ciência e da pesquisa. 11º ed. - Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

CAPÍTULO VI

Educação Física, Tecnologia & Sustentabilidade nos Jogos do Instituto Federal do Pará – Campus Tucuruí/Jift

Andrei Luiz Demétrio e Silva¹

Davi Costa Barroso²

Jairson Monteiro Rodrigues Viana³

*“O conhecimento emerge apenas através da invenção e da reinvenção,
através da inquietante, impaciente, contínua e esperançosa investigação que
os seres humanos buscam no mundo, com o mundo e uns com os outros.”*

PAULO FREIRE

Highlights

This chapter shows the potential of digital technologies, in the teaching-learning process, developed to help organize student games at the IFPA Campus Tucuruí. The creation of an App made it possible to access all the necessary and important information about this sporting event, through a single application.

Tecnologia & Educação

O termo tecnologia refere-se a um conjunto de conhecimentos e princípios científicos que se aplicam ao planejamento, à construção e à utilização de um equipamento em um determinado tipo de atividade

1 IFPA Campus Tucuruí – Mestrado em Computação Aplicada - andreidemetrio@hotmail.com.

2 IFPA Campus Tucuruí – [Graduação em Engenharia da Computação](#) – daviinformati-ca228@hotmail.com.

3 IFPA Campus Tucuruí – Especialização em Pedagogia - jairsonviana@hotmail.com.

(KENSKI, 2013). Enquanto que, as Tecnologias Educacionais Digitais (TED) referem-se ao uso dos recursos tecnológicos digitais na educação, são exemplos de tais ferramentas: vídeos, aplicativos, jogos, chats, ambientes virtuais, hipertextos, dentre outros, que podem ser utilizados em atividades presenciais ou a distância (e-learning) e difundidos pela internet, por DVDs, CD-ROM, televisão ou smartphones, computadores, tablets (m-learning), etc (DARIEL; WHARRAD; WINDLE, 2013; SILVEIRA, COGO, 2017).

Na atualidade, mais do que nunca, as inovações tecnológicas estão constantemente presentes no cotidiano dos alunos/alunas, assim, não é mais possível a escola ignorar estes recursos e as inovações que são cada vez mais rápidas e constantes. Nesta perspectiva, estamos em volta com a revolução 4.0, onde esta revolução impacta em todos os âmbitos da vida humana e modifica a forma que vivemos, trabalhamos e nos relacionamos, é um mundo em que os sistemas virtuais e físicos se comunicam entre si na busca de inovações tecnológicas, (SCHWAB, 2016), onde a:

A quarta revolução industrial, no entanto, não diz respeito apenas a sistemas e máquinas inteligentes e conectadas. Seu escopo é muito mais amplo. Ondas de novas descobertas ocorrem simultaneamente em áreas que vão desde o sequenciamento genético até a nanotecnologia, das energias renováveis à computação quântica. O que torna a quarta revolução industrial fundamentalmente diferente das anteriores é a fusão dessas tecnologias e a interação entre os domínios físicos, digitais e biológicos (Schwab 2016, p 20).

Ao longo da história da humanidade a educação sofreu modificações, e, no período da revolução 4.0 não poderia ser diferente, pois os contextos social, cultural, econômico e político apresentam um novo contexto, impactando diretamente o contexto educacional

e seus atores. Nesta perspectiva, precisamos de investimento governamental, estratégias metodológicas e de um profissional inserido na era digital com a capacidade de utilizar e comunicar de maneira crítica e criativa os saberes escolares e as ferramentas simbólicas que a humanidade foi construindo ao longo de sua história, capacidade para viver e conviver democraticamente em grupos humanos cada vez mais heterogêneos, na sociedade/educação globalizada e capacidade de viver e atuar autonomamente e construir o seu projeto de vida, sem esquecer o bem comum (Gómez, 2015). Assim, se faz necessário que as escolas abram:

[...] seus espaços educativos para didaticamente promover a experimentação por parte dos alunos de tecnologias cada vez mais próximas da sua realidade; portanto, é concebível sua utilização enquanto ferramenta pedagógica como recurso facilitador ou não da aprendizagem; pois dependerá muito da ação educativa desenvolvida pelo professor com seus alunos perante o desafio de desmistificar o uso das mídias através de propostas pedagógicas inovadoras e interativas na democratização do saber [...] (MARTINS, MOREIRA e SANTOS, 2011, p. 4)

A democratização desses saberes tecnológicos, não se justificariam se não fossem em benefício dos seres humanos, onde, a tecnologia, isoladamente, não é uma fórmula mágica para solucionar os problemas educacionais, mas quando aliada à prática social e à interação humana pode contribuir para a (re) construção coletiva e colaborativa de aprendizagens significativas. Dessa forma, os desafios das tecnologias na prática pedagógica e na vida de alunos/as vêm à tona como um saber social de interdependência, que ganha sentido na reconstrução comunicativa com o outro, no sentido de desenvolver uma relação humano-computador mais emancipadora, menos dependente da técnica e a favor do bem comum. (HABOWSKI, 2020).

Nesta perspectiva, não há como negar que as tecnologias digitais possam ser integradas ao contexto educacional, para potencializar os processos de ensino-aprendizagem, no aprofundamento epistemológico, científico, técnico, metodológico e profissional, desde que passem pelo crivo da crítica e da possibilidade de reconstrução. (HABOWSKI; CONTE; TREVISAN, 2019). A questão recai sobre o modo como utilizamos tais meios tecnológicos, uma vez que estes podem, ao mesmo tempo, nos trancafiar em um sistema alienante de práticas convencionais (seduzir pelo fetichismo aparente e a-histórico da vida humana), ou nos lançar em infinitos mundos de ações comunicativas com potencial reflexivo, contraditório, curioso, crítico, reconstrutivo e de emancipação coletiva (SANTAELLA, 2019; ADORNO, 1995).

O APP OJE – Organização de Jogos Estudantis

A partir do princípio de que as tecnologias digitais devem ser um meio inovador, criativo, crítico-reflexivo e de emancipação de um ser humano histórico, surgiu o aplicativo organizador de jogos estudantis – App OJE, criado para auxiliar na organização dos jogos estudantis do IFPA Campus Tucuruí, assim como auxiliar os alunos desta instituição, através do acesso aos horários das partidas, horário do transporte público, calendário de jogos, ranking dos cursos inscritos nos jogos esportivos, chaves de jogos e seus resultados. A criação deste App tornou possível o acesso a todas as informações necessárias e importantes deste evento esportivo, através de um único aplicativo. Além de contribuir também para a preservação do meio ambiente, visto que, se reduziu a utilização do papel físico durante a execução destes jogos. O App foi criado utilizando Webview com as linguagens Java Script, HTML (Linguagem de marcação de Hipertexto) e CSS (Folha de estilo em cascatas), sendo necessário o uso de internet para acessar os dados e atualizar informações automaticamente.

A idealização deste App se deu a partir da experiência nos Jogos estudantis 2018, onde foi aplicado um questionário de avaliação destes jogos esportivos. Após a análise destes dados se constatou as seguintes dificuldades: o uso excessivo de papel, excesso de desinformação sobre dia/horário dos jogos, atraso no início das partidas e reclamações sobre o transporte público. Buscando superar estas dificuldades, nos perguntamos: Como amenizar estes problemas? Assim, se reuniu o professor de Educação Física, o professor do curso de Informática e discente do curso de informática para a busca desta resposta. E, como resposta, surgiu o App OJE.

O aplicativo foi utilizado/testado em 2019 nos jogos estudantis do IFPA- Campus Tucuruí (Participaram 400 alunos), onde possibilitou a utilização de súmula online e ao participante que baixou App, o acesso a informações importantes, possibilitando ao usuário visualizar partidas que já foram concluídas e que ainda estão em andamento, também mostra informações como: os horários das partidas, horário do transporte público, calendário de jogos, ranking dos times, chaves de jogos e seus resultados. Sua criação tornou possível o acesso a todas as informações necessárias e importantes deste evento esportivo, através de um único aplicativo, além de diminuir consideravelmente o uso de papel e contribuir para a preservação do meio ambiente.

No processo de construção do aplicativo, foi realizada pesquisa bibliográfica sobre o tema abordado, levantamento e teste sobre a linguagem HTML, Java script, Webview e o impacto do uso do papel – celulose no meio ambiente. A linguagem HTML é o padrão de linguagem para a criação de páginas na Internet. Serve para os mais variados fins, como criação de páginas pessoais, de empresas, no ramo de educação e outros. (BACKES, 2000) e a Cascading StyleSheets (CSS - Folhas de Estilo em Cascata), é uma tecnologia que nos permite criar páginas web de uma maneira mais exata. Esta tecnologia permite fazer muitas coisas que não era possível utilizando

somente HTML, como incluir margens, tipos de letra, fundos, cores, etc. (RIBEIRO, 2006)

Em sua essência, a linguagem Java Script atua inserida no meio do código HTML de páginas Web. Essa inserção pode ser feita de várias formas, desde a inclusão de código numa área determinada ou a inserção em vários pontos da página. Tudo depende da utilidade necessária. Quando o navegador de Internet “lê” a página e se possuir tal recurso, deve “entender” as instruções do Java Script e executá-las. (RIBEIRO, 2006). O Webview é um componente do Android baseado no projeto chamado Chromium, e trata-se basicamente de um navegador web compacto com código aberto da Google. A partir da versão 5.0 do sistema ele começou a ser distribuído como um aplicativo separado, podendo ser atualizado de forma independente do sistema operacional do smartphone. (MOBIZOO, 2020).

Utilizamos três linguagens neste processo: a linguagem de marcação HTML (Hypertext Markup Language ou em português Linguagem de Marcação de Hipertexto.), utilizada na construção de páginas na Web, o CSS (Folha de estilo em cascatas) que é um mecanismo para adicionar estilo a um documento web e Java Script que é uma linguagem de programação interpretada estruturada, juntamente com HTML e CSS, o JavaScript é uma das três principais tecnologias da World Wide Web (Rede Mundial de Computadores). Para ser instalado em celulares Android foi usado o Webview, que é um componente do sistema com tecnologia do Google Chrome que permite que appsAndroid **exibam conteúdo da Web**, acelerando o acesso a páginas na internet. O design do aplicativo foi construído para ser simples e prático, tornando flexível a visualização das funções do app. Para gerenciar as chaves dos jogos foi utilizado uma plataforma online (Challonge), onde foi armazenada todas as equipes e suas modalidades. O ranking e a tabela de jogadores de seus respectivos times foram adicionados em tabelas construídas em HTML. Para

mostrar os horários dos ônibus foi utilizado uma plataforma online (Moovit) onde usa o mapa da cidade para determinar o possível horário do ônibus até chegar na parada desejada. Foi disponibilizado no aplicativo um cronograma onde os alunos visualizam a ordem de entrada das turmas na abertura dos jogos.

A coleta de dados para as funções foi a partir de um documento disponibilizado para os representantes de turma, foi preenchido o nome dos jogadores de cada modalidade. Os armazenamentos dos dados coletados foram adicionados em tabelas com o uso da linguagem HTML. A programação em Java Script foi utilizada para tornar o aplicativo mais dinâmico. Em relação a atualização das chaves de jogos esportivos concluídos e a serem realizados, foram atualizadas ao vivo – tempo real das partidas finalizadas. A atualização do ranking foi realizada no encerramento diário dos jogos internos, onde a classificação foi através de pontos que foram distribuídos de acordo com a vitória de cada modalidade. Abaixo expomos as fases de construção do App OJE e suas funções:

Quadro 01: Atividades desenvolvidas na construção do App.

CARGA HORÁRIA	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS
10h	Criação do design do aplicativo
3h	Criação de chaves dos jogos
1h	Criação do ranking
8h	Criação da tabela de jogadores e times
5h	Coleta de dados para as funções personalizadas
11h	Armazenamento de dados coletados das funções personalizadas
20h	Programação em Java Script
54h	Atualização das chaves durante os jogos
1h	Atualização do ranking no final dos jogos
20h	Pesquisa de opinião

Imagem 01: Calendário

Calendário

D	S	T	Q	Q	S	S
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
	Xadrez	Futsal	Handebol	Futsal	Futsal	Natação
	Tênis de	Vôlei	Basquet	Handebol	Handebol	Encerram
	Judo		Vôlei	Basquet	Basquet	
	Abertura		Vôlei	Vôlei		
29	30	1	2	3	4	5

Fonte: Produzido pelos autores

Imagem 02: Ranking

Ranking de Cursos

Ouro=10pts Prata=5pts

Posição	Curso	Pontos
1	Manutenção	45
2	Agrimensura	25
3	Edificações	20
3	Saneamento	20
4	Eletrotécnica	5
4	Meio Ambiente	5

Ranking Finalizado

Imagem 03: Transporte público



Fonte: Produzido pelos autores

Imagem 04: Inscrição equipe

T228-4TD			
#	Nome	Sobrenome	Nº Camisa
1	Adonias	Junior	11
2	Caio	Leonardo	08
3	Eric	Dineis	12
4	Gabriel	Silva	23
5	Isaque	Hudson	10
6	Leonardo	Braga	38
7	Leonardo	Lacerda	02
8	Marcos	Braz	17
9	Markley	Bitencourt	30

Imagem 05: Chave dos jogos

Fase 1		Fase 2		Semi-Finais		Finais	
Edificações 2º ano	4	Edificações 3º ano (manhã)	0	Manutenção 1º ano	14	Manutenção 1º ano	12
Manutenção 1º ano	18	Manutenção 1º ano	2	Eletrôcnica 4º ano	3	Manutenção 2º ano	10
Saneamento 3º/4º ano	0	Eletrôcnica 4º ano	2	Manutenção 2º ano	6		
Eletrôcnica 4º ano	2	Agrimensura 3º ano	0	Edificações 4º ano	5		
Edificações 1º ano	0						
Agrimensura 3º ano	5	Agrimensura 2º ano	8				
Eletrôcnica 3º ano	0	Manutenção 2º ano	9				
Agrimensura 2º ano	2						
Manutenção 2º ano	13	Eletrôcnica 1º ano	0				
Meio Ambiente 1º/2º ano Aq	8	Edificações 4º ano	2				
Saneamento 2º ano	4						
Eletrôcnica 1º ano	14						
Saneamento 1º ano	0						
Edificações 4º ano	4						

Fonte: Produzido pelos autores

Educação Física, Tecnologia e sustentabilidade

Na perspectiva da sustentabilidade, criamos o App OJE, pois anteriormente os jogos estudantis do IFPA – Campus Tucuruí/JIFT eram organizados/desenvolvidos utilizando papel e caneta, o que deixava tudo mais trabalhoso, demorado e com uso excessivo de papel. O tempo para anotar as chaves dos jogos, os jogadores de cada equipe, cada chave das diferentes modalidades, resultado dos jogos e as sumulas de cada jogo demoravam Horas/dias para serem organizados e/ ou divulgados. Enquanto que, usando um aplicativo tudo é resolvido com alguns cliques, além de eliminarmos o uso do papel – celulose, e contribuirmos para a preservação do meio ambiente.

Atualmente, tem sido difícil imaginar nossa sociedade sem o uso de papel, uma vez que, ele se faz presente de diferentes formas: seja em embalagens, na higiene, no vestuário e na informação, constituindo-se em uma necessidade básica para a sociedade moderna (HIPÓLITO;

NEVES, 2009 apud PENNA et al., 2014, p. 3). Em relação ao uso do papel, se sabe que é fabricado com a celulose retirada das árvores, sendo necessárias grandes quantidades desta matéria prima para fabricação do mesmo. E, o ciclo produtivo da fabricação do papel gera grandes gastos com outros insumos, tal como água, energia elétrica, petróleo, etc.

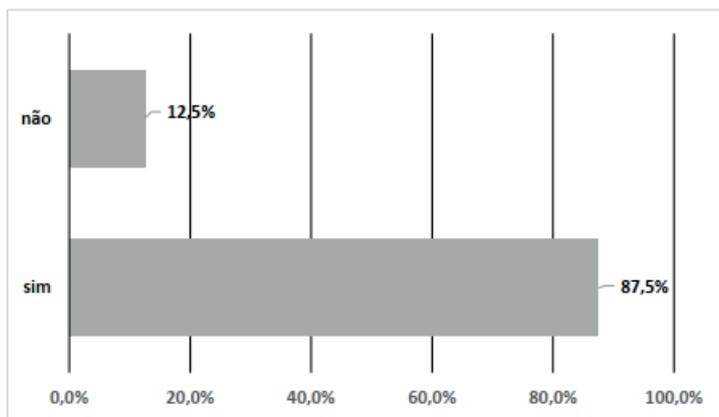
Segundo o jornal *The Economist* (2012), o consumo mundial de papel aumentou 50% nos últimos 30 anos, algo que contrasta com a ideia de sustentabilidade. Ainda segundo o jornal, por ano o Brasil consome 1, 29 árvore por pessoa na fabricação de papel – cada árvore equivale a cerca de 40 quilos de papel. Sabemos que a quantidade de papel utilizado em jogos estudantis é grande, e prejudica o meio ambiente. Por exemplo, em um torneio simples de dez times seriam usadas dez folhas para as equipes anotarem os nomes dos jogadores participantes, em uma única modalidade esportiva, no entanto, com o uso de tecnologia digital (App OJE) é possível fazer isso com menos tempo e sem o uso do papel, ajudando consideravelmente na preservação do meio ambiente. Assim, a criação do App OJE, por exemplo, reduz a necessidade de papel e compromete muito menos o meio ambiente, além de agilizar o acesso as informações necessárias e peculiares dos jogos esportivos.

Após o término dos Jogos do Instituto Federal de Tucuruí – JIFT foi aplicado um questionário online com perguntas sobre a avaliação dos usuários e após análise desses dados, organizamos os resultados em gráficos a fim de verificar o grau de satisfação geral e posterior melhora do aplicativo. Desta forma, obtivemos os seguintes dados: 87% dos entrevistados baixaram o aplicativo, cerca de 80% dos alunos/as consideraram o aplicativo útil, 91% relataram que o App deve continuar auxiliando na organização dos jogos internos. Apenas 16% dos alunos tiveram dificuldades em baixar o aplicativo e 90% considerou o App como bom ou muito bom.

E, com base nos votos de múltipla escolha dos alunos/as, houve a escolha da melhor função do aplicativo, onde: 10 entrevistados não

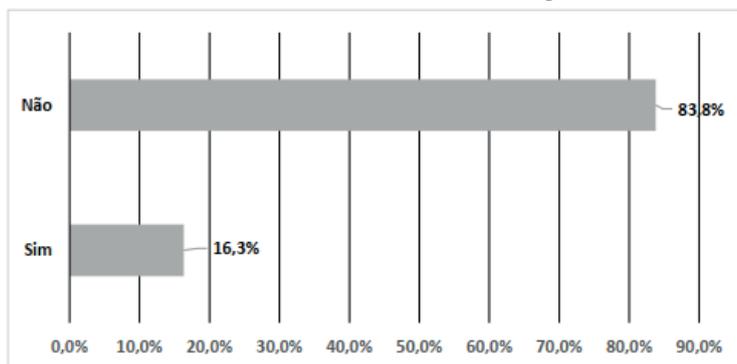
gostaram de nenhuma função, 35 gostaram do ranking e do horário dos ônibus, 45 gostaram das tabelas das equipes, 31 gostaram do calendário e, por fim, as chaves dos jogos obtiveram 55 votos, sendo considerada a função favorita dos alunos. Veja os gráficos abaixo:

Gráfico 1: Você baixou o aplicativo?



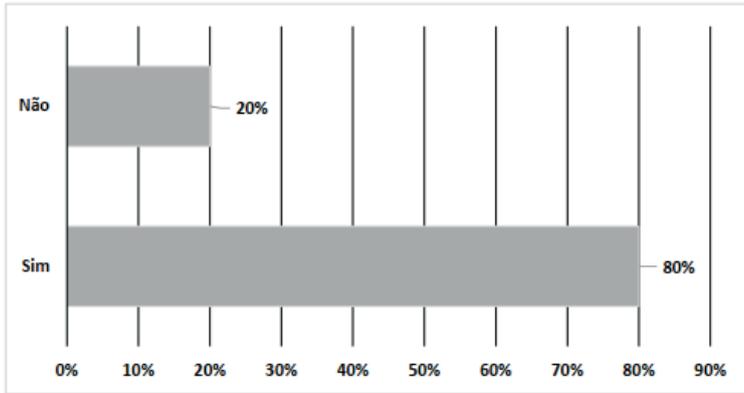
Fonte: Produzido pelos autores (2021)

Gráfico 02: Você teve dificuldade em baixar o aplicativo?



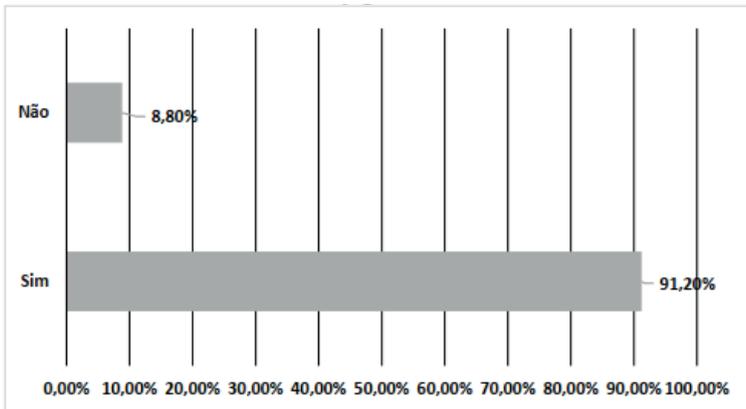
Fonte: Produzido pelos autores (2021)

Gráfico 03: O aplicativo foi útil para você?



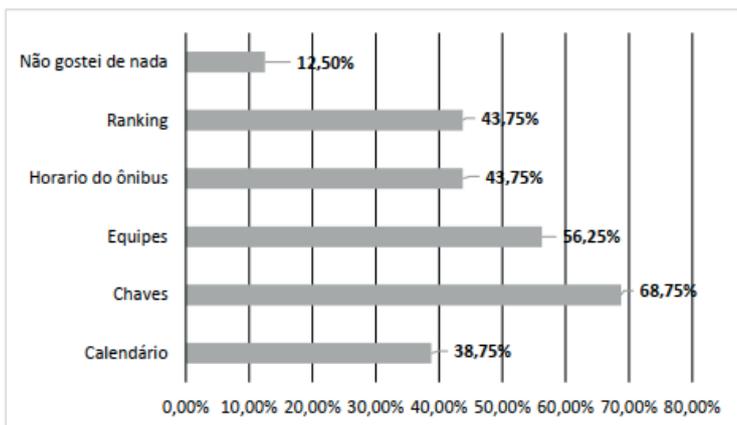
Fonte: Produzido pelos autores (2021)

Gráfico 4: Gostaria que o aplicativo continuasse nos próximos jogos?



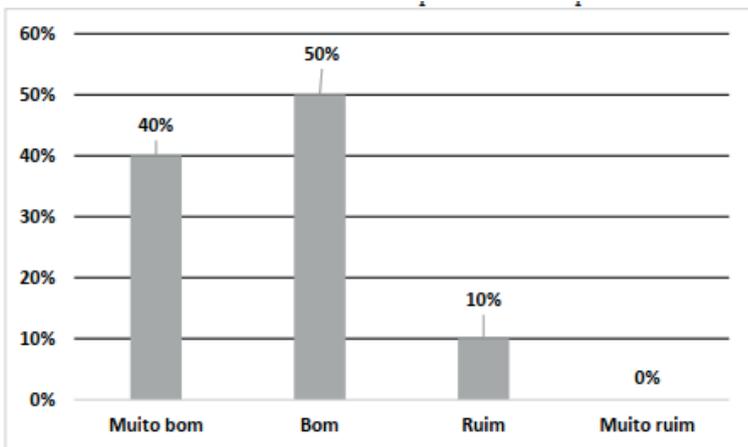
Fonte: Produzido pelos autores (2021)

Gráfico: 05: O que você mais gostou no aplicativo?



Fonte: Produzido pelos autores (2021)

Gráfico 06: Como você avalia a qualidade do aplicativo?



Fonte: Produzido pelos autores (2021).

Considerações Finais

Este estudo nos proporcionou expor a importância das tecnologias digitais como ferramenta pedagógica, apresentando possibilidades de práticas mais dinâmicas, colaborativas e participativas, além de facilitar e potencializar o engajamento dos alunos em busca de solucionar problemas reais e disponibilizar os benefícios das tecnologias à Educação Física escolar e a comunidade escolar. E, diante das observações e entrevistas realizadas, foi possível detectar que o aplicativo utilizado para organizar os jogos esportes e facilitar o acesso às informações aos participantes, foi bem avaliado e contribuiu para que professores efetivassem seu trabalho de forma mais rápida e eficiente, contribuindo assim para o desenvolvimento do ambiente escolar, assim como contribui para a preservação do meio ambiente, visto que abolimos o uso de papel.

Ressaltamos, que não se suprime a diversidade cultural, social e econômica por meio da disponibilização de tecnologias digitais, pois a disponibilização de tecnologias não elimina a diversas relações sociais entre as pessoas, assim como as relações dessas pessoas com os diferentes saberes educacionais, com as relações econômicas e com a linguagem corporal. Assim como, não diminui as desigualdades econômicas. Desta forma, o processo de ensino-aprendizagem vai além da disponibilização de tecnologias digitais, envolvendo também o respeito, a reflexão crítica, ampliação de possibilidades e autonomia do ser humano. Nesse contexto, a educar corresponde então, ao acesso a saberes e experiências escolares que colaborem para formar sujeitos capazes de compreender como as coisas são, como assim se tornaram e como podem ser transformadas por ações humanas e para seres humanos e suas relações (Avalos, 1992).

Referências

AVALOS, B. **Education for the poor: quality or relevance?** British Journal of Sociology of Education, London, v. 13, n. 4, p. 419-436, 1992.

ADORNO, Theodor W. Educação e Emancipação. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1995.

BACKES, Lucas. et al. **Linguagem de Programação HTML**. 2000. FACCAT, RS.

DARIEL, O. P.; WHARRAD, H.; WINDLE, R. **Exploring the underlying factors influencing elearning adoption in nurse education**. J Adv Nurs. v. 69, n.6, p. 1289-300, 2013. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2648.2012.06120.x>. Acesso em: 21/02/2021.

DESIDERÁ, Robson. **Jogos escolares e a inclusão: benefícios possíveis de uma política pública no JEP'S CD'S**. 2016. UEL, PR.

GÓMEZ, Ángel I. Pérez. **Educação na era digital: A Escola Educativa**. Porto Alegre: Penso, 2015.

HABOWSKI, Adilson Cristiano. **AS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO: DESAFIOS E ENFRENTAMENTOS À TRADIÇÃO INSTRUMENTAL**. Revista Docência e Cibercultura, [S.l.], v. 4, n. 2, p. 235-241, ago. 2020. ISSN 2594-9004. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/re-doc/article/view/51622/34674>>. Acesso em: 17 maio 2021. doi:<https://doi.org/10.12957/redoc.2020.51622>.

HABOWSKI, Adilson Cristiano; CONTE, Elaine; TREVISAN, Amarildo Luiz. **Por uma cultura reconstrutiva dos sentidos das tecnologias na educação.** Educação & Sociedade, Campinas, v. 40, n. 2, p. 1-18, 2019. DOI: 10.1590/es0101-73302019218349

KENSKI, V. M. **Tecnologias e ensino presencial e a distância.** Campinas, SP: Papirus, 2013. 160p.

MOREIRA, Romilson do Carmo; MARTINS, Alessandra Freire; SANTOS, Maria do Socorro Aguiar. **O uso do laboratório de informática como suporte pedagógico nas escolas públicas estaduais do ensino fundamental II na sede de Senhor do Bonfim -BA.** Disponível em: < <http://www.uneb.br/espcont/files/2011/12/ART-001200-12.pdf> >, Acesso em: 08/02/ 2021.

MOBIZOO. **O que é o AndroidWebview e como ele afeta a performance do seu celular.** São Paulo, 23 mar.2017. Disponível em: <https://mobizoo.com.br/dicas/o-que-e-o-android-webview-e-como-ele-afeta-a-performance-do-seu-celular>. Acesso em 16 fev. 2020.

PENNA, Luiz Fernando da Rocha et al. **Diagnóstico do Consumo de Papel A4: O caso do Instituto Federal de Minas Gerais - Campus Governador Valadares - MG.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 5., 2014, Belo Horizonte, MG. Belo Horizonte, Mg: IBEAS, 2014. p. 1 - 10. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2014/I-029.pdf>. Acesso em: 09/03/21.

RIBEIRO, Hudson Simões.et al. **Integração de Tecnologias para Desenvolvimento de Sistemas Web, utilizando a metodologia Ajax.** 2006. AEDB, RJ.

SANTAELLA, Lucia. **A Pós-Verdade é verdadeira ou falsa?** Barueri, SP: Estação das Letras e Cores, 2019.

SELWYN, Neil. **Educação e Tecnologia: questões críticas.** In: FERREIRA, Giselle Martins dos Santos; ROSADO, Luiz Alexandre da Silva; CARVALHO, Jaciara de Sá (Org). Educação e Tecnologia: abordagens críticas. ROSADO; Carvalho. Rio de Janeiro: SESES, 2017, p. 85-103.

SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial.** 1 ed. São Paulo: Edipro, 2016

SOUSA, Derlicio. et al. **A importância da reciclagem do papel na melhoria da qualidade do meio ambiente.** 2016. XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, PB.

THE ECONOMIST. **How Much paper does a person use on average in a year?** 2012. Disponível em: <http://www.Economist.com/blogs/graphicdetail/2012/04/daily-chart-0>. Acesso: 20/11/2020.

PESQUISADORES ORGANIZADORES

Denis Carlos Lima Costa

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3207-6934>

Graduado em Ciência com Habilitação em Matemática, realiza pesquisas na área de Matemática Computacional aplicada ao desenvolvimento de Inteligência Artificial. Especialista em Física, com inúmeros artigos publicados no campo da geração de energia. Mestre em Geofísica, no âmbito dos Métodos Potenciais, com estudo dos campos gravimétrico e magnético. Doutor em Engenharia Elétrica na área de Sistemas de Energia, com atividades em geração termelétrica a gás natural. Docente em efetivo exercício, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), *Campus Ananindeua*. É membro do grupo de pesquisa Linguagens, Culturas, Tecnologias e Inclusão - LICTI e Líder do grupo de pesquisa Gradiente de Modelagem Matemática e Simulação Computacional – GM²SC, no qual desenvolve pesquisa no âmbito da Computação BioInspirada: Algoritmo Genético, Exame de Partículas, Evolução Diferencial, Redes Neurais Artificiais e Árvore de Decisão. Autor do livro *Métodos Matemáticos Aplicados nas Engenharias via Sistemas Computacionais*.

Danileno Meireles do Rosário

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2039-0937>

Mestre em Ciência da Computação (UFPA/2018), linha de pesquisa em Redes de Computadores. Especialista em Informática em Educação (UNAMA/2012). Graduado em Engenharia de Computação (UFPA/2007). Tem experiência na área de Ciência da Computação, com

ênfase em Administração de Redes de Computadores e Tecnologias Educacionais. Atualmente é professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), nos cursos Técnico em Redes de Computadores e Licenciatura em Computação.

Júlio César Suzuki

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7499-3242>

Possui graduação em Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso (1992), graduação em Letras pela Universidade Federal do Paraná (2004), mestrado em Geografia (Geografia Humana) pela Universidade de São Paulo (1997) e doutorado em Geografia (Geografia Humana) pela Universidade de São Paulo (2002). Atualmente é Professor Doutor II da Universidade de São Paulo e do Programa de Pós-Graduação (Mestrado e Doutorado) em Integração da América Latina (PROLAM/USP). Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Geografia Humana, atuando principalmente nos seguintes temas: Agricultura, Urbanização, Geografia e Literatura e Teoria e Método.

PESQUISADORES ESCRITORES

Denis Carlos Lima Costa

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3207-6934>

Graduado em Ciência com Habilitação em Matemática, realiza pesquisas na área de Matemática Computacional aplicada ao desenvolvimento de Inteligência Artificial. Especialista em Física, com inúmeros artigos publicados no campo da geração de energia. Mestre em Geofísica, no âmbito dos Métodos Potenciais, com estudo dos campos gravimétrico e magnético. Doutor em Engenharia Elétrica na área de Sistemas de Energia, com atividades em geração termelétrica a gás natural. Docente em efetivo exercício, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), *Campus Ananindeua*. É membro do grupo de pesquisa Linguagens, Culturas, Tecnologias e Inclusão - LICTI e Líder do grupo de pesquisa Gradiente de Modelagem Matemática e Simulação Computacional – GM²SC, no qual desenvolve pesquisa no âmbito da Computação BioInspirada: Algoritmo Genético, Exame de Partículas, Evolução Diferencial, Redes Neurais Artificiais e Árvore de Decisão. Autor do livro *Métodos Matemáticos Aplicados nas Engenharias via Sistemas Computacionais*.

Neste livro é autor em dois capítulos: capítulo 1 - *Quantum de Informação: A Entropia do Movimento sob a Óptica das Derivadas de Ordem Não-Inteira*; capítulo 2 - *Derivadas Fracionárias como situação*

motivadora ao Ensino do Cálculo.

Heictor Alves de Oliveira Costa

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3611-3675>

Graduação em Engenharia da Computação, possui artigos publicados

em modelagem Matemática e Computacional. Amplo conhecimento das ferramentas de linguagens de programação Python, C, C++, Ruby, Julia, SQL, MATLAB, R, Java e Potigol. Co-autor da linguagem de programação Egua. Autor do livro Métodos Matemáticos Aplicados nas Engenharias via Sistemas Computacionais. Áreas de atuação incluem participação nos projetos Diagnóstico Socioterritorial de Segurança Pública no Município de Ananindeua, e Análise de Cristais Orgânicos MBANP via espectroscopia Raman. Membro do grupo de pesquisa Gradiente de Modelagem Matemática e Simulação Computacional – GM²SC, no qual desenvolve pesquisa no âmbito da Computação BioInspirada: Algoritmo Genético, Exame de Partículas, Evolução Diferencial e Redes Neurais Artificiais.

Neste livro é autor do capítulo 1 - *Quantum de Informação: A Entropia*

do Movimento sob a Óptica das Derivadas de Ordem Não-Inteira.

Silvio Tadeu Teles da Silva

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1082-9563>

Mestre em Educação pelo Programa de Pós Graduação em Educação da Universidade do Estado do Pará. Graduado em Licenciatura plena em Matemática pela Universidade do Estado do Pará. Membro do Comitê Institucional de Iniciação Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (CIICDTI). Professor e pesquisador das áreas de Engenharia, Saúde e Gestão da Faculdade Estácio Nazaré. Com experiência na área da Educação Matemática, com ênfase em Ensino por Atividade, atuante na área de metodologias ativas para o ensino superior. Membro do grupo de pesquisa Gradiente de Modelagem Matemática e Simulação Computacional – GM²SC, vinculado ao Instituto Federal de Educação do Pará (IFPA) desenvolvendo pesquisas sobre Modelagem, otimização e simulação computacional de sistemas e processos.

Neste livro é autor em dois capítulos: capítulo 1 - *Quantum de Informação: A Entropia do Movimento sob a Óptica das Derivadas de Ordem Não-Inteira*; capítulo 2 - *Derivadas Fracionárias como situação motivadora ao Ensino do Cálculo.*

Hugo Carlos Machado Silva

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3748-5067>

Possui Mestrado em Educação pela Universidade do Estado do Pará (2016) e graduação em licenciatura em matemática pela Universidade do Estado do Pará (2012), é graduando em Engenharia de Produção pela Faculdade Estácio Belém (2017-2021), atua como pesquisador no grupo de pesquisa Gradiente de Modelagem Matemática e Simulação Computacional – GM²SC, vinculado ao Instituto Federal de Educação do Pará (IFPA) desenvolvendo pesquisas sobre Modelagem, otimização e simulação computacional de sistemas e processos. Possui experiência na área de Matemática, com ênfase em ensino de Matemática e educação especial e otimização de processos via modelagem matemática. Atualmente é docente da faculdade Estácio Castanhal, atuando nos cursos de licenciaturas, gestão e negócios e engenharias, bem como, atua como professor na educação Básico em uma rede particular de ensino fundamental e médio.

Neste livro é autor do capítulo 2 - *Derivadas Fracionárias como situação motivadora ao Ensino do Cálculo*.

Elizete Neres Monteiro

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9975-5424>

Graduação em Licenciatura Plena em Biologia pela Universidade Estadual Vale do Acaraú (2008). Com experiência na área de Biologia Geral. Capacitação em Altas Habilidades pelo Instituto Federal do Pará. Especialização em Microbiologia pela Universidade Federal do Pará (2010). Mestranda em Ciências Ambientais pela UFPA. Grupo de Pesquisa sobre Recursos Naturais, Tecnologia, Linguagem e Qualidade de Vida no Baixo Tocantins. Professora EBTT, no Campus de Cameté do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA).

Neste livro é autora do capítulo 3 - *Os Impactos do Agronegócio: Um Estudo da Correlação da Pecuária e Produção de Soja em um Município no Estado do Pará*.

Edson Costa Cruz

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6267-0742>

Possui graduação em Licenciatura em Matemática pela Universidade da Amazônia (1992), Mestrado em Geofísica pela Universidade Federal do Pará (2003) e Doutorando em Didática das Ciências e Tecnologia na Universidade de Trás os Montes Alto Douro - UTAD (2019 - atual). Atualmente é professor do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. Tem experiência na área de Matemática, com ênfase em Matemática Aplicada, atuando principalmente nos seguintes temas: múltiplas, modelagem, filtro, métodos numéricos e Didática da Matemática. Atualmente é um dos Líderes do grupo de pesquisa Gradiente de Modelagem Matemática e Simulação Computacional – GM²SC, vinculado ao Instituto Federal de Educação do Pará (IFPA). Neste livro é autor de dois capítulos: capítulo 3 - *Os Impactos do Agronegócio: Um Estudo da Correlação da Pecuária e Produção de Soja em um Município no Estado do Pará*; capítulo 4 - *Análises da Adequação Didática de aulas de Álgebra Linear que utilizou Softwares Computacionais*.

Reginaldo da Silva

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0724-166X>

Possui graduação em Licenciatura em Matemática pela Universidade da Amazônia (1992); Mestrado e Doutorado em Educação Matemática pela Universidade Federal do Pará (2013). Atualmente é Professor efetivo - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. Tem experiência na área de Matemática, com ênfase na área de Educação Matemática.

Neste livro é autor do capítulo 3 - *Os Impactos do Agronegócio: Um Estudo da Correlação da Pecuária e Produção de Soja em um Município no Estado do Pará*.

José Paulo Cereira Cleto Cravino

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5376-6128>

É Professor Auxiliar na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Publicou 11 artigos em revistas especializadas e 17 trabalhos em atas de eventos, possui 5 capítulos de livros e 4 livros publicados. Possui 1 item de produção técnica. Atua na área de Física Nas suas atividades profissionais interagiu com 82 colaboradores em co-autorias de trabalhos científicos.

Neste livro é autor do capítulo 4 - *Análises da Adequação Didática de aulas de Álgebra Linear que utilizou Softwares Computacionais.*

Joaquim Bernardino de Oliveira Lopes

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9961-1538>

Graus académicos: BSc em Física (1984); MSc em Supervisão (1993); Doutor em Educação Física; Agregação no Ensino de Física Atividade científica e / ou profissional (2011) atual: Professor Associado da UTAD / Professor de Física e Educação Física / Presidente do Conselho Pedagógico / Diretor do Programa de Doutoramento / Orientador de Doutoramento e Dissertação de Mestrado / Membro do Centro de Investigação CIDTFF (Portugal) avaliado com Excelente / Membro ESERA / Investigador responsável de vários projetos / Árbitro de seis revistas internacionais, três delas revistas ISI / Membro do Painel de Avaliação de propostas de doutoramento e pós-doutoramento de programa de financiamento português. Atuais interesses de pesquisa: Educação em Ciências, em especial Ciências Físicas e Investigação em Ensino de Engenharia, com destaque para: i) Desenho curricular e avaliação da docência; ii) Mediação do professor na aprendizagem do aluno; iii) Práticas de ensino (questões, tarefas, investigação, práticas epistêmicas, decisões, engajamento, avaliação, contextos CTS, interações); iv) Aprendizagem conceitual; v) Ferramentas para coleta de dados em sala de aula; vi) simulação em computador; vii) Formação de professores e viii) Teoria da Educação em Ciências. Publicações Autor de 7 livros (1 em edição internacional); editor de 3 livros. Autor de: 17

artigos em periódicos científicos internacionais com revisão por pares;
14 capítulos de livros (edições nacionais e internacionais).

Neste livro é autor do capítulo 4 - *Análises da Adequação Didática de aulas de Álgebra Linear que utilizou Softwares Computacionais*.

Edson do Vale Palheta Junior

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8024-6067>

Possui graduação em Licenciatura em Informática pelo Instituto Federal do Pará – Campus Castanhal (2018). Atua no 5º BPM da Polícia Militar do Pará, há 11 anos. Interessa-se pelas áreas de educação e tecnologia.

Neste livro é autor do capítulo 5 - *Proerd Digital: Um Aplicativo para Dispositivos Móveis como Ferramenta Didática de Ensino aos Instrutores do Programa Educacional de Resistência às Drogas*.

Alberto Jorge Ferreira Bastos

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7238-921X>

Possui graduação em Licenciatura em Informática pelo Instituto Federal do Pará – Campus Castanhal (2018). Interessa-se pelas áreas de educação e tecnologia.

Neste livro é autor do capítulo 5 - *Proerd Digital: Um Aplicativo para Dispositivos Móveis como Ferramenta Didática de Ensino aos Instrutores do Programa Educacional de Resistência às Drogas*.

Jairson Monteiro Rodrigues Viana

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3675-136X>

Graduado em Educação Física pela Universidade do Estado do Pará-UEPA (1999) e Especialização em Pedagogia do Movimento Humano (UEPA - 2002). Tem experiência na área de Educação, Educação Física; com ênfase em Prática Docente, Educação Física Escolar e Treinamento Desportivo. Atualmente é professor de Educação Física Escolar do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - IFPA / Tucuruí (desde 08/ 2016). Atuou como professor de Educação Física escolar da rede Estadual / Tucuruí - Ensino Médio (2003 - 2016) e na rede municipal de ensino (2001 - 2016).

Neste livro é autor do capítulo 6 - *Educação Física, Tecnologia & Sustentabilidade nos Jogos do Instituto Federal do Pará - Campus*

Tucuruí/JIFT.

Davi Costa Barroso

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1399-0712>

Graduando em Engenharia da computação na Universidade Federal do Pará, UFPA, Brasil. Curso de Introdução à linguagem de programação PHP. (Carga horária: 40h). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, IFPA, Brasil. Estágio em Manutenção preventiva e corretiva de equipamentos de informática; Identificação de arquiteturas de rede e análise de meios físicos, dispositivos e padrões de comunicações. Participação no projeto de pesquisa APP OJE - organizador de jogos estudantis & preservação do meio ambiente.

Neste livro é autor do capítulo 6 - *Educação Física, Tecnologia & Sustentabilidade nos Jogos do Instituto Federal do Pará - Campus*

Tucuruí/JIFT.

Andrei Luiz Demétrio e Silva

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8092-9239>

Graduação em Redes de Computadores pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (2015). Especialista em Engenharia de Redes de Telecomunicações pela Estácio de Sá (2017). Mestre em Computação Aplicada (2019). Atualmente é professor EBT do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Redes de Computadores. Atua na área de: microcontroladores, IPv6, Cabeamento Estruturado e Redes Passivas Ópticas.

Neste livro é autor do capítulo 6 - *Educação Física, Tecnologia & Sustentabilidade nos Jogos do Instituto Federal do Pará - Campus Tucuruí/JIFT*.

Índice Remissivo

A

- agricultura 54, 54, 55, 55, 56, 56,
57, 57, 57, 59, 59, 69, 69
- água 54, 54, 54, 54, 55, 55, 56, 56,
56, 56, 56, 58, 58, 60, 60,
61, 61, 68, 68, 126, 126
- Álgebra 10, 10, 50, 50, 71, 71, 71,
71, 71, 72, 75, 75, 75, 75,
75, 77, 77, 82, 82, 84, 84,
92, 92, 139, 139, 140, 140,
141, 141
- alunos 37, 37, 39, 39, 39, 39, 39,
51, 51, 71, 71, 71, 72, 72,
74, 74, 75, 75, 75, 76, 78,
78, 80, 80, 81, 81, 81, 85,
85, 88, 88, 88, 89, 90, 90,
90, 91, 91, 91, 92, 92, 92,
92, 96, 96, 97, 98, 98, 98,
98, 100, 100, 100, 104, 104,
105, 105, 106, 106, 106,
106, 109, 109, 110, 110,
111, 111, 111, 111, 112,
112, 112, 113, 113, 113,
113, 113, 114, 114, 115,
115, 118, 118, 119, 119,
119, 119, 120, 120, 121,
121, 123, 123, 126, 126,
126, 126, 127, 130, 130
- ambiente 15, 15, 55, 55, 55, 58,
58, 60, 60, 61, 61, 86, 86,
88, 88, 88, 91, 91, 96, 96,
97, 97, 105, 105, 114, 114,
120, 120, 121, 121, 121,
125, 125, 126, 126, 126,
126, 130, 130, 130, 133,
133, 142, 142
- Android 100, 100, 114, 114, 122,
122, 122
- aplicações 10, 10, 34, 34, 39, 39,
39, 41, 41, 45, 45, 50, 50,
50, 51, 51, 77, 77
- aplicativo 8, 98, 98, 98, 98, 98, 98,
98, 100, 100, 101, 101, 101,
101, 101, 101, 101, 101,
102, 102, 102, 105, 105,
105, 105, 106, 106, 108,
108, 109, 109, 109, 110,
110, 111, 111, 111, 113,
113, 113, 114, 114, 120,
120, 120, 121, 121, 121,
121, 122, 122, 122, 123,
123, 123, 123, 125, 125,
126, 126, 126, 126, 126,
126, 127, 127, 127, 128,
128, 128, 129, 129, 129,
130, 130
- aprendizagem 9, 10, 10, 37, 37,
38, 38, 39, 39, 40, 40, 40,
40, 40, 52, 52, 53, 53, 73,
73, 74, 74, 74, 74, 75, 75,
75, 80, 80, 81, 81, 86, 86,
88, 88, 88, 92, 92, 92, 94,
94, 97, 97, 97, 98, 98, 109,
109, 110, 110, 111, 111,
111, 116, 116, 119, 119,
120, 120, 130, 130, 140,
140
- aula 49, 49, 50, 50, 51, 51, 51, 72,
72, 72, 75, 75, 75, 75, 75,
75, 76, 76, 76, 76, 76, 77,
77, 80, 80, 80, 82, 82, 82,

- 84, 84, 84, 86, 86, 89, 89,
90, 90, 91, 91, 91, 91, 92,
92, 92, 94, 94, 97, 97, 103,
103, 109, 109, 110, 110,
110, 112, 112, 112, 112,
112, 113, 113, 113, 140,
140
- B**
- biodiversidade 55, 55, 58, 58
- C**
- cálculo 7, 34, 39, 41, 44, 53, 76,
94
- Cálculo 15, 17, 18, 19, 20, 24, 34,
37, 39, 40, 41, 42, 43, 44,
51, 53, 136, 137, 138
- científica 13, 55, 140
- Científica 137
- climáticas 55, 55
- cognitiva 72, 72, 73, 73, 73, 73,
78, 78, 90, 90
- computacional 32, 39, 50, 52,
137, 138
- Computacional 134, 136, 137,
138, 139
- conhecimento 9, 9, 11, 11, 11, 12,
12, 12, 13, 13, 15, 15, 39,
39, 40, 40, 40, 42, 42, 44,
44, 45, 50, 50, 51, 51, 72,
72, 72, 73, 73, 73, 73, 81,
81, 89, 89, 93, 93, 97, 97,
100, 100, 100, 105, 105,
107, 107, 108, 108, 108,
117, 117, 137, 137
- D**
- democratização 119, 119, 119
- derivada 15, 17, 25, 26, 42, 43,
44, 45, 46, 47, 49, 50, 51
- Derivada 9, 9, 17, 17, 19, 19, 19,
21, 21, 21, 21, 22, 22, 22,
23, 23, 24, 24, 27, 27, 27,
27, 30, 30, 48, 48, 49, 49,
49, 50
- Derivadas 9, 15, 16, 25, 27, 28,
30, 32, 33, 34, 37, 42, 45,
46, 49, 50, 51, 52, 136, 137,
138
- didática 41, 72, 76, 77, 83, 92, 98
- Didática 71, 72, 74, 76, 95, 139,
140, 141
- Diferencial 17, 17, 19, 19, 19, 20,
20, 39, 39, 42, 42, 43, 43,
43, 43, 44, 44, 51, 51, 134,
134, 136, 136, 137, 137
- Digitais 118
- digital 100, 108, 109, 112, 113,
114, 117, 119, 126, 131
- Digital 95, 100, 141
- doi 131
- DOI 27, 28, 30, 31, 132
- DONI 21, 21, 22, 22, 25, 25, 26,
26, 28, 28, 28, 29, 29, 29,
30, 30, 30, 31, 31, 31, 31,
32, 32, 33, 33, 33, 33, 33,
34, 34
- E**
- ecossistemas 58, 58
- Educacionais 10, 118, 135
- educacional 8, 37, 37, 41, 41, 41,
51, 51, 88, 88, 91, 91, 115,
115, 118, 118, 120, 120
- e-learning 97, 97, 118, 118
- ensino 10, 15, 37, 38, 39, 40, 41,
42, 45, 49, 50, 51, 53, 71,

72, 73, 74, 75, 80, 83, 86,
88, 92, 94, 97, 98, 100, 103,
105, 106, 107, 109, 111,
115, 120, 130, 132, 137,
138, 140, 142
Ensino 2, 4, 6, 15, 37, 39, 41, 44,
51, 53, 93, 94, 95, 97, 106,
107, 135, 136, 137, 138,
140, 141, 142
Entropia 16, 16, 17, 17, 17, 18,
18, 18, 20, 20, 20, 20, 20,
20, 25, 25, 25, 27, 27, 28,
28, 28, 30, 30, 32, 32, 34,
34, 136, 136, 137, 137, 137
epistémica 72
epistemológicos 13, 13, 51, 51
escola 73, 95, 96, 105, 106, 116,
118
escolas 92, 92, 95, 95, 96, 96, 96,
96, 97, 98, 98, 100, 100,
105, 105, 107, 107, 114,
114, 115, 115, 115, 119,
119, 132, 132
estratégias 10, 10, 96, 96, 96, 119,
119

F

ferramenta 8, 10, 10, 50, 50, 51,
51, 92, 92, 97, 97, 98, 98,
100, 100, 108, 108, 109,
109, 110, 110, 111, 111,
111, 112, 112, 113, 113,
113, 113, 114, 114, 114,
114, 115, 115, 119, 119,
130, 130
fracionária 42, 44, 46
Fracionária 25, 34, 49
funções 25, 25, 25, 28, 28, 33, 33,
42, 42, 51, 51, 122, 122,

123, 123, 123, 123, 123

G

Gama 23, 23
Grünwald 16, 16, 21, 21, 21, 21,
22, 22, 25, 25, 25, 34, 34

H

hídricos 54, 54, 55, 55, 55, 55, 55,
56, 56, 56, 56, 58, 58, 58,
58, 58, 60, 60, 61, 61, 67,
67, 69, 69, 70, 70

I

infinitesimais 18, 42
informação 7, 17, 17, 17, 17, 18,
18, 18, 18, 18, 18, 25, 25,
25, 25, 27, 27, 30, 30, 30,
32, 32, 32, 33, 33, 33, 33,
34, 34, 85, 85, 86, 86, 91,
91, 125, 125
instrutores 98, 100, 103, 104, 105,
106, 107, 108, 109, 110,
111, 112, 113, 114, 115
Integral 19, 19, 37, 37, 39, 39, 42,
42, 43, 43, 43, 51, 51

L

Leibniz 20, 20, 21, 21, 21, 42, 42,
42, 43, 43, 43, 43, 43, 43,
43, 43
Letnikov 16, 16, 21, 21, 21, 21,
22, 22, 25, 25, 25, 34, 34,
53, 53
L'Hospital 20, 21, 51
L'Hospital 20, 21, 51
licenciaturas 71, 138
Liouville 16, 16, 21, 21, 22, 22,

22, 23, 23, 23, 28, 28, 34,
34, 44, 44, 44

M

matemática 19, 38, 40, 41, 42, 43,
44, 50, 52, 72, 73, 74, 76,
77, 79, 92, 93, 138

Matemática 2, 4, 6, 9, 9, 9, 10,
10, 15, 15, 15, 15, 15, 18,
18, 37, 37, 38, 38, 38, 38,
40, 40, 41, 41, 41, 52, 52,
53, 53, 54, 54, 72, 72, 75,
75, 81, 81, 81, 93, 93, 93,
94, 94, 107, 107, 107, 134,
134, 134, 134, 136, 136,
136, 136, 137, 137, 137,
137, 137, 137, 138, 138,
138, 138, 139, 139, 139,
139, 139, 139, 139, 139,
139, 139

Mecânica 19

mediacional 72, 72, 73, 73, 73,
75, 75, 76, 76, 77, 77, 80,
80, 82, 82, 85, 85, 88, 88,
92, 92, 92, 92, 92

movimento 7, 17, 20, 24, 25, 26,
30, 32, 34, 44, 45, 46, 47,
48, 49, 50

Movimento 16, 18, 24, 25, 26,
27, 28, 34, 47, 48, 49, 136,
137, 142

multimodal 72, 75

N

Newton 18, 18, 19, 19, 19, 19, 19,
19, 43, 43, 43, 43, 43

O

Ontosemiótico 72, 72, 93, 93

P

pecuária 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60,
62, 64, 65, 66, 67

Pecuária 54, 57, 59, 60, 64, 138,
139

pedagógica 97, 97, 100, 100, 114,
114, 119, 119, 119, 130,
130

Programa 95, 95, 96, 96, 96, 96,
97, 97, 97, 98, 98, 98, 98,
98, 99, 99, 99, 99, 100, 100,
100, 101, 101, 103, 103,
103, 106, 106, 106, 106,
107, 107, 107, 108, 108,
111, 111, 112, 112, 113,
113, 114, 114, 114, 114,
115, 115, 116, 116, 135,
135, 137, 137, 140, 140,
141, 141, 141

Q

Quantum 16, 17, 17, 24, 25, 26,
27, 30, 31, 32, 33, 136, 137

R

reflexão 42, 42, 42, 50, 50, 74, 74,
75, 75, 130, 130

reflexões 11, 38

Riemann 16, 16, 21, 21, 22, 22,
22, 23, 23, 23, 28, 28, 34,
34, 44, 44

S

sociedade 50, 50, 73, 73, 95, 95,
96, 96, 97, 97, 98, 98, 119,
119, 125, 125, 125

softwares 38, 39, 76
Softwares 71, 139, 140, 141
suavização 45, 45, 45, 45, 48, 48,
49, 49, 51, 51

T

tecnologia 8, 38, 38, 39, 39, 67,
67, 92, 92, 92, 92, 92, 94,
94, 110, 110, 116, 116, 117,
117, 119, 119, 121, 121,
121, 122, 122, 126, 126,
141, 141, 141
Tecnologias 14, 97, 118, 132, 134,
135, 136
tempo 14, 14, 16, 16, 17, 17, 17,
17, 17, 17, 17, 17, 18, 18,
18, 19, 19, 19, 19, 19, 19,
20, 24, 24, 38, 38, 43, 43,
51, 51, 56, 56, 80, 80, 80,
92, 92, 92, 107, 107, 120,
120, 123, 123, 125, 125,
126, 126
Termodinâmica 19, 19, 19, 20, 20