

VOLUME 1

**PESQUISAS EM TEMAS
DE CIÊNCIAS EXATAS E
DA TERRA**



EDNILSON SERGIO RAMALHO DE SOUZA
(EDITOR)

VOLUME 1

**PESQUISAS EM TEMAS DE
CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA**



Ednilson Sergio Ramalho de Souza
(Editor)

Volume 1

PESQUISAS EM TEMAS DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

Edição 1

Belém-PA



<https://doi.org/10.46898/rfb.9786558890690>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P474

Pesquisas em temas de ciências exatas e da terra [recurso digital] /
Ednilson Sergio Ramalho de Souza (Editor). -- 1. ed. 1 vol. -- Belém:
RFB Editora, 2020.
2.753 kB; PDF: il.
Inclui Bibliografia.
Modo de acesso: www.rfbeditora.com.

ISBN: 978-65-5889-069-0

DOI: 10.46898/rfb.9786558890690

1. Ciências Exatas e da Terra. 2. Pesquisa. 3. Estudo.
I. Título.

CDD 501



© 2020 Edição brasileira.
by RFB Editora.

© 2020 Texto.
by Autores.



Todo o conteúdo apresentado neste livro, inclusive correção ortográfica e gramatical, é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Obra sob o selo *Creative Commons*-Atribuição 4.0 Internacional. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

Conselho Editorial:

Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza - UFOPA (Editor-Chefe).

Prof.^a Dr.^a. Roberta Modesto Braga - UFPA.

Prof. Me. Laecio Nobre de Macedo - UFMA.

Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida - UFOPA.

Prof.^a Dr.^a. Ana Angelica Mathias Macedo - IFMA.

Prof. Me. Francisco Robson Alves da Silva - IFPA.

Prof.^a Dr.^a. Elizabeth Gomes Souza - UFPA.

Prof.^a Me. Neuma Teixeira dos Santos - UFRA.

Prof.^a Me. Antônia Edna Silva dos Santos - UEPA.

Prof. Dr. Carlos Erick Brito de Sousa - UFMA.

Prof. Dr. Orlando José de Almeida Filho - UFSJ.

Prof.^a Dr.^a. Isabella Macário Ferro Cavalcanti - UFPE.

Diagramação:

Danilo Wothon Pereira da Silva.

Arte da capa:

Pryscila Rosy Borges de Souza.

Imagens da capa:

www.canva.com

Revisão de texto:

Os autores.




Home Page: www.rfbeditora.com.

E-mail: adm@rfbeditora.com.

Telefone: (91)3085-8403/98885-7730.

CNPJ: 39.242.488/0001-07.

Barão de Igarapé Miri, sn, 66075-971, Belém-PA.



Nossa missão é a divulgação científica de qualidade com investimento acessível por meio da publicação de ebooks.

Nossa inspiração é acreditar que a ampla divulgação do conhecimento científico pode mudar para melhor o mundo em que vivemos!

Equipe RFB Editora



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
<i>Ednilson Sergio Ramalho de Souza</i>	
 CAPÍTULO 1	
NDVI E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE MARABÁ, AMAZÔNIA, BRASIL	11
<i>Camila Nascimento Alves</i>	
<i>Kempes Francisco Pereira Magalhães</i>	
<i>Marina Nascimento Alves Vieira</i>	
<i>Rodrigo Ribeiro Cruz</i>	
<i>DOI: 10.46898/rfb.9786558890690.1</i>	
 CAPÍTULO 2	
CARTOGRAFIA E TOPOGRAFIA APLICADA À AVALIAÇÃO DO USO E COBERTURA DO SOLO NO DISTRITO INDUSTRIAL EM MARABÁ, REGIÃO NORTE DO BRASIL.....	23
<i>Camila Nascimento Alves</i>	
<i>DOI: 10.46898/rfb.9786558890690.2</i>	
 CAPÍTULO 3	
MODELOS MATEMÁTICOS NA COMPREENSÃO DE SITUAÇÕES FÍSICAS... 	33
<i>Ednilson Sergio Ramalho de Souza</i>	
<i>DOI: 10.46898/rfb.9786558890690.3</i>	
 ÍNDICE REMISSIVO.....	52



APRESENTAÇÃO

Leitores e leitoras,

Satisfação! Esse é o sentimento que vem ao meu ser ao escrever a apresentação deste delicioso livro. Não apenas porque se trata do primeiro volume da Coleção Pesquisas em Temas de Ciências Exatas e da Terra, publicado pela RFB Editora, mas pela importância que essa área possui para a promoção da qualidade de vida das pessoas.

Segundo a Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), fazem parte dessa área: Matemática, Probabilidade e Estatística, Ciência da Computação, Astronomia, Física, Química, Geociências. Tal área suscita, portanto, uma gama de possibilidades de pesquisas e de relações dialógicas que certamente podem ser relevantes para o desenvolvimento social brasileiro.

Desse modo, os artigos apresentados neste livro - em sua maioria frutos de árduos trabalhos acadêmicos (TCC, monografia, dissertação, tese) - decerto contribuem, cada um a seu modo, para o aprofundamento de discussões na área de Ciências Exatas e da Terra, pois são pesquisas germinadas, frutificadas e colhidas de temas atuais que vêm sendo debatidos nas principais universidades brasileiras e que refletem o interesse de pesquisadores no desenvolvimento social e científico que possa melhorar a qualidade de vida de homens e de mulheres.

Acredito, verdadeiramente, que a ampla divulgação do conhecimento científico de qualidade pode mudar para melhor o mundo em que vivemos!

Esse livro é parte singela da materialização dessa utopia.

Ednilson Sergio Ramalho de Souza
Editor-Chefe
RFB Editora



CAPÍTULO 1

NDVI E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE MARABÁ, AMAZÔNIA, BRASIL

NDVI AND TERRESTRIAL SURFACE TEMPERATURE AS A TOOL FOR THE EVALUATION OF URBAN EXPANSION IN THE COUNTY OF MARABÁ, AMAZÔNIA, BRAZIL.

*Camila Nascimento Alves*¹
*Kempes Francisco Pereira Magalhães*²
*Marina Nascimento Alves Vieira*³
*Rodrigo Ribeiro Cruz*⁴

DOI: 10.46898/rfb.9786558890690.1

¹ Instituto Militar de Engenharia (IME). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5093-7078>. camila@ime.eb.br.

² Universidade Federal do Pará (UFPA). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4622-3993>. kempespereiramagalhaes@gmail.com.

³ Centro Universitário Metropolitano da Amazônia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1908-6767>. marinaalvesv@gmail.com.

⁴ Centro Universitário Metropolitano da Amazônia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9671-0469>. Rodrigoribeiro.engenharia@gmail.com.

RESUMO

O uso de dados obtidos por sensoriamento remoto é de extrema importância para entender e monitorar as mudanças no meio ambiente, que ocorrem de maneira acelerada nos meios urbanos devido à dinâmica local provocando impactos em seus componentes, sendo percebidos, principalmente, através das alterações do uso e cobertura do solo, conforme Cardoso et al.,(2009). No município de Marabá, região sudeste do estado do Pará, muitos problemas ambientais decorrem do intenso e desordenado processo de urbanização experimentado nas últimas décadas. Portanto, o objetivo deste artigo é analisar métodos para mensurar o vigor da vegetação através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e relacionar com a Temperatura de Superfície Terrestre (TST) na cidade de Marabá, estado do Pará, região Norte, Amazônia, Brasil. Para calcular o NDVI são realizadas medidas radiométricas adimensionais que foram obtidas através do sensor TM Landsat 5 e sua utilização pode facilitar na identificação e na obtenção de informações sobre a cobertura do solo. Identificou-se a relação direta do NDVI com TST onde os locais antropizados indicam maior potencialidade do aquecimento da superfície urbana, formando ilhas de calor. Estas informações servem como um gatilho para os gestores públicos para que a expansão urbana seja monitorada com fins de executar estratégias para colocar em prática o planejamento urbano no município de Marabá.

Palavras-chave: Marabá. Planejamento urbano. Uso do solo. Engenharia Urbana.

ABSTRACT

The use of data obtained by remote sensing is extremely important to understand and monitor changes in the environment, which occur in an accelerated manner in urban areas due to local dynamics causing impacts on its components, being perceived, mainly, through changes in use and soil cover, according to Cardoso et al., (2009). In the municipality of Marabá, in the southeastern region of the state of Pará, many environmental problems stem from the intense and disordered urbanization process experienced in recent decades. Therefore, the aim of this article is to analyze methods to measure the vigor of vegetation using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and to relate it to the Terrestrial Surface Temperature (TST) in the city of Marabá, state of Pará, North region, Amazon, Brazil. To calculate the NDVI, dimensionless radiometric measurements were performed that were obtained through the TM Landsat 5 sensor and its use can facilitate in the identification and obtaining information on the ground cover. The direct relationship between NDVI and TST was identified, where anthropized sites indicate greater potential for heating the urban surface, forming islands of heat. This information serves as a trigger for public managers so that

urban expansion is monitored in order to implement strategies to put urban planning into practice in the municipality of Marabá.

Keywords: Marabá. Urban planning. Use of the soil. Urban Engineering.

1 INTRODUÇÃO

A partir do ano de 1985 ocorreu um imponente êxodo rural no Brasil, ou seja, o processo de urbanização ficou cada vez mais intenso a partir desse período, conforme Lombardo (1985). Pode-se verificar o crescimento urbano através do censo demográfico publicado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) para o ano de 2010, onde constata-se que, pelo menos 84% da população brasileira habita em áreas urbanas atualmente. E, a transformação do meio natural para o ambiente urbano gera mudanças no uso e ocupação do solo.

Ortiz e Amorim (2011) enfatizam a importância do planejamento urbano, tendo em vista que a deficiência nesse planejamento contribui para problemas ambientais nas cidades, como a poluição do ar e aumento da temperatura da superfície, com a formação de ilhas de calor, por exemplo.

O NDVI (Índice de Vegetação Normalizada) em áreas urbanas é uma das inúmeras ferramentas que podem ser utilizadas por planejadores no controle do desenvolvimento das cidades, pois as alterações no ecossistema geram acidentes comuns em áreas urbanas como enchentes, inundações, desmatamento e poluição.

O clima urbano é fundamentado em que a cidade é um ambiente modificador do clima e que as atividades humanas provocam alterações na atmosfera, em especialmente as modificações ocorridas no uso e ocupação do solo (LOMBARDO, 1985).

Nas áreas urbanizadas é modificado as propriedades térmicas, hidrológicas e os parâmetros aerodinâmicos (AYOADE, 2003).

A relação entre o padrão de cobertura da terra com o aumento da temperatura em áreas urbanas implica em impactos sobre o ambiente, bem como sobre a saúde humana, conforme Gorgani et al., 2013.

Na medida em que a população urbana continua em rápido crescimento, aumenta a probabilidade de ocorrer maior remoção da cobertura natural da terra, alterando os recursos hídricos locais, substituindo-os por materiais urbanos comuns, como asfalto, concreto e metal, o que promove a redução da evapotranspiração, torna o escoamento superficial mais intenso e rápido, incluindo o aumento e armazenamento de calor sensível e a redução da qualidade do ar e da água (YUE et al., 2007).

Em termos de mensuração do ambiente térmico urbano, o sensoriamento remoto fornece medições da temperatura da superfície radiante, incluindo medições de energia refletora nas porções vermelha e infravermelha próxima do espectro eletromagnético, que podem ser utilizadas para avaliar a cobertura vegetal urbana, em termos de conforto térmico (YUE et al., 2007).

A temperatura da superfície terrestre (TST) é um dos fatores-chave na física do processo de superfície do planeta, combinando interações superfície-atmosfera e os fluxos de energia entre a atmosfera e o solo (Gorgani et al., 2013). É um fator importante que reflete mudanças ambientais da superfície e influi nos processos físicos e químicos em áreas urbanas (DENG et al., 2018).

Existem muitos estudos que utilizaram o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index), para determinar a relação entre a temperatura das superfícies urbanas e temperatura térmica a partir de imagens de satélite.

Diversas pesquisas mostram que a utilização de NDVI e a temperatura de superfície são eficientes métodos para acompanhar o crescimento urbano nas cidades. Barbosa et al.,(2020) analisaram a temperatura de superfície e relacionaram com a cobertura vegetal, especialmente o NDVI para a cidade de Vitória, no Espírito santo e verificaram a relação intrínseca entre o vigor da vegetação (NDVI) e a urbanização, com valores e temperatura de superfície relacionadas a formação de ilhas de calor urbano na cidade.

Silva Araújo et al., (2020) também estudaram a relação entre o NDVI e a expansão urbana aplicado no municio de Belém do Pará. Os autores observaram que a vegetação nativa reduziu em torno de 12% nas Unidades de Conservação (UC).

Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo analisar a expansão urbana do município de Marabá utilizando como ferramentas os dados de NDVI e LST, através de técnicas de sensoriamento remoto.

2 METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado no municipio de Marabá, localizado na região sudeste do estado do Pará, região norte do Brasil. Para avaliação da expansão urbana foram utilizados técnicas de sensoriamento remoto, tendo em vista que possui uma grande relação com os parâmetros biofisicos e estas relações podem ser realizadas através de aplicação de Índices de vegetaçãook, conforme EPIPHANIO, J. C. N. (1996).

Utilizou-se o índice NDVI para as cenas 223/064 de 2006 e 2011 do sensor TM do satélite Landsat 5.

Para calcular o NDVI utilizou-se uma banda do espectro eletromagnético na faixa do visível e outra no espectro eletromagnético na faixa do infravermelho próximo. Ou seja, bandas 3 e 4 respectivamente.

Os valores do NDVI variam de -1 a 1. Os valores positivos crescentes indicam aumento da vegetação verde e os negativos indicam superfícies sem vegetação.

Para o cálculo do NDVI a fórmula utilizada é apresentada na equação 01.

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (1)$$

Onde o ρ_{NIR} corresponde a banda do infra vermelho proximo e o ρ_{RED} a banda do vermelho. As bandas utilizadas correspondem ao sensor TM a bordo do satélite Landsat 5.

Para a realização da avaliação da série temporal das alterações no uso e ocupação do solo foi considerado um intervalo de 5 anos, sendo avaliadas as imagens dos satélites Landsat 5 nos anos de 2006 e 2011, obtidas na base de dados do USGS (Serviço Geológico dos Estados Unidos) para o município de Marabá. Todo o processamento das imagens foi realizado utilizando-se o software Qgis.

O cálculo de temperatura da superfície se deu a partir da banda termal (TIRS - Thermal Infrared Sensor) a bordo do satélite Landsat 5 para os anos de 2006 e 2011. As imagens também foram obtidas na base de dados do USGS.

Para realizar o cálculo do LST, primeiramente deve-se converter os valores dos pixels da imagem ou os Números Digitais (ND) do sensor TIRS, em valores de refletância obtidos no topo da atmosfera (TOA, Top of Atmosphere) usando a equação (2):

$$L\lambda = M_L Q_{cal} + A_L \quad (2)$$

Onde:

- $L\lambda$ é o valor da radiância espectral no topo da atmosfera (Watts/(m² * srad * μm));

- M_L é o fator multiplicativo escalonado;

- Q_{cal} é o produto padrão quantificado e calibrado por valores de pixel (ND).

Em seguida, converteu-se os valores de refletância em temperatura de brilho em K (Kelvin). Este procedimento é executado através da equação (3):

$$TT = K_2 / l_n \left(\frac{K_1}{l_\lambda} + 1 \right) \quad (3)$$

Onde:

-T se refere à temperatura de brilho em Kelvin (K);

- l_λ se refer à refletância no topo da atmosfera (Watts/(m² * srad * μm);

- K_1 se refere à constante de conversão K1 específica para cada banda, também denominada de constante térmica;

K_2 se refere à constante de conversão K_2 específica para cada banda, também denominada de constante térmica.

Após encontrar os valores de refletância em temperatura de brilho em Kelvin, houve a necessidade de realizar a conversão para graus Celsius (°C) de acordo com a equação (4):

$$T_c = T_k - 273$$

Onde:

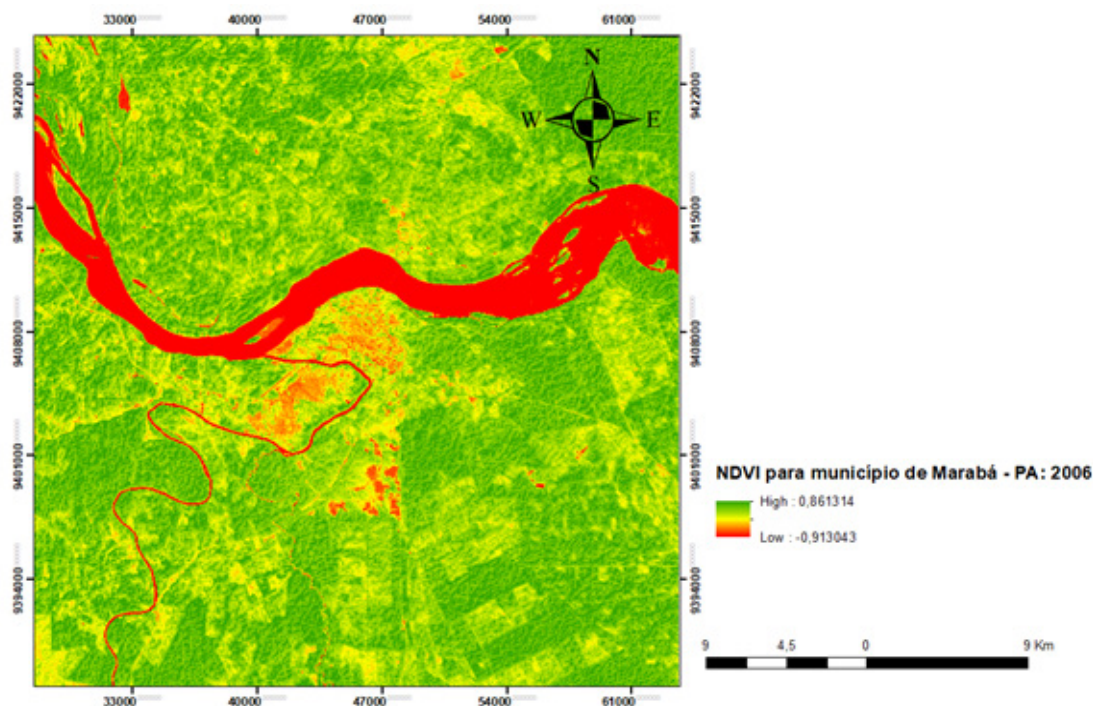
- T_c se refere à temperatura de brilho em graus Celsius (°C);

- T_k se refere à temperatura de brilho em Kelvin (K).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A classe analisada de NDVI na imagem Landsat 5 TM para o ano de 2006 apresenta uma amplitude entre 0,913 a 0,861, sendo os maiores valores na maior parte da área da pesquisa. Já os menores valores são encontrados principalmente nas regiões centrais dos distritos de Nova Marabá e Cidade Nova, indicando áreas mais urbanizadas. A refletância dos corpos hídricos é indicada com valores negativos e menores em relação à refletâncias que representam o solo exposto (figura 01).

Figura 1. Mapa do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do ano de 2006 para o município de Marabá.

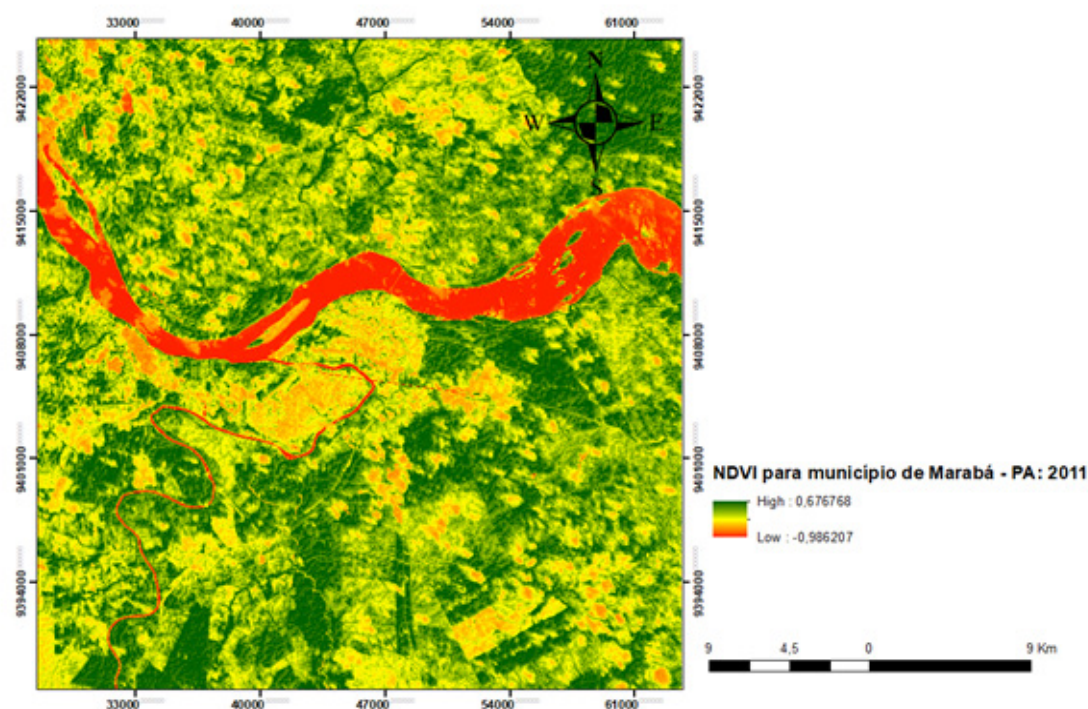


Fonte: Os autores.

Explorando o NDVI do ano de 2006 para a zona urbana de Marabá observou-se que à Sul do Rio Itacaiúnas, os bairros Liberdade, Independência, Parque Laranjeiras, Bom Planalto, Jardim Vitória e Belo Horizonte possuem valores negativos, indicando superfícies com menor densidade de vegetação, ou seja, solo ocupado pela urbanização. No distrito da Nova Marabá observou-se que os bairros Morada Nova, Vila Militar, Folha 6, Folha 11, Folha 18 possuem o mesmo comportamento. No distrito da Nova Marabá observou-se que os bairros Morada Nova, Vila Militar, Folha 6, Folha 11, Folha 18 possuem o mesmo comportamento.

A classe analisada de NDVI na imagem Landsat 5/ETM+ no ano de 2011 apresenta uma amplitude de valores entre -0,98 a 0,67, sendo os menores encontrados principalmente na região mais urbanizada (Figura 2).

Figura 2. Mapa de NDVI do ano de 2011 para o município de Marabá.



Fonte: Os autores.

As áreas da figura 2 que apresentam cores que tendem do verde claro para o verde escuro indicam maior densidade de vegetação, e constata-se que diminuíram significativamente no ano de 2011. Por outro lado, as áreas que tendem para o amarelo, vermelho e marrom indicam áreas de menor densidade de vegetação, ou seja áreas antropizadas e aumentaram excepcionalmente (Figura 2). Ou seja, notou-se um aumento significativo da urbanização, como é possível verificar nos mapas de NDVI.

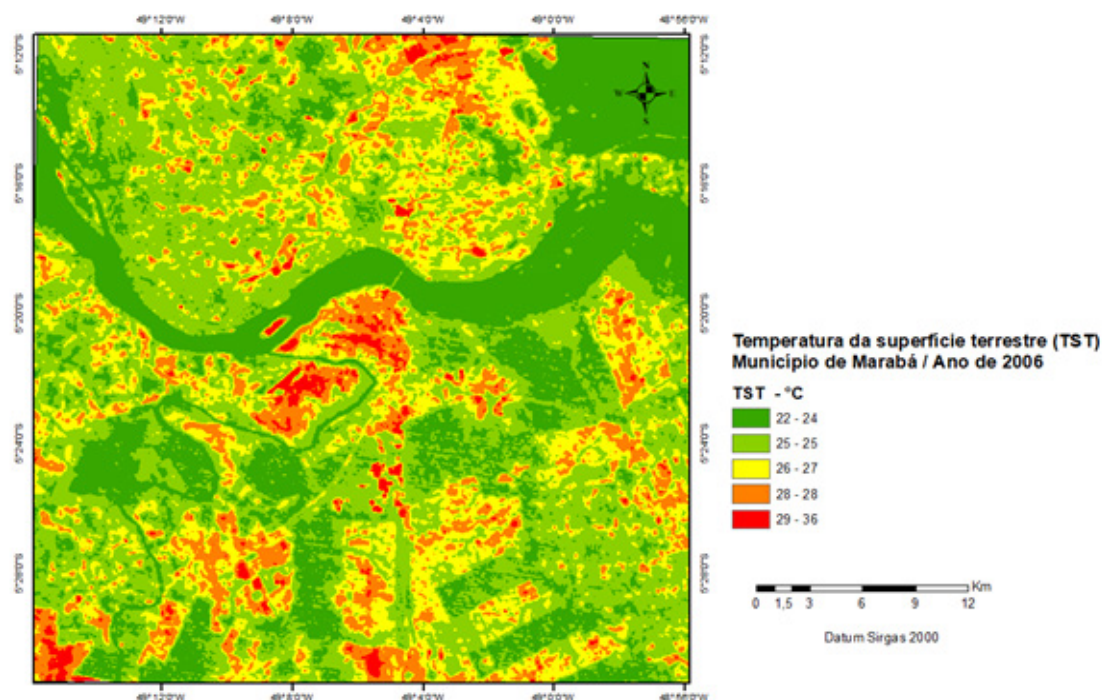
Áreas consideradas antropizadas de acordo com o NDVI para o ano de 2011 concentram-se às margens dos Rios Tocantins e ao longo do Rio Itacaiunas. Comparando-se os dois mapas de NDVI, do ano de 2006 e do ano de 2011, notou-se uma mudança significativa da cobertura do solo e da alteração da cobertura vegetal indicando expansão urbana no município, que deve ser monitorada pelos agentes públicos com fins de desenvolver políticas de manejo de uso e ocupação do solo de forma sustentável para mitigar perdas sociais, ambientais e financeiras.

Nas figuras 3 e 4 estão demonstrados os mapas de temperatura de superfície para os anos 2006 e 2011.

No mapa da figura 03 nota-se que existem 5 classificações para a temperatura de superfície, variando de 22°C até 36°C. Nota-se que a superfície da água possui a classificação com as menores temperaturas, entre 22°C até 24°C. As áreas com as maiores temperatura (entre 28°C até 36°C) se referem ao núcleo urbano do município de Ma-

rabá, com destaque para o núcleo Marabá Pioneira e Cidade Nova, que se encontram na região central do mapa.

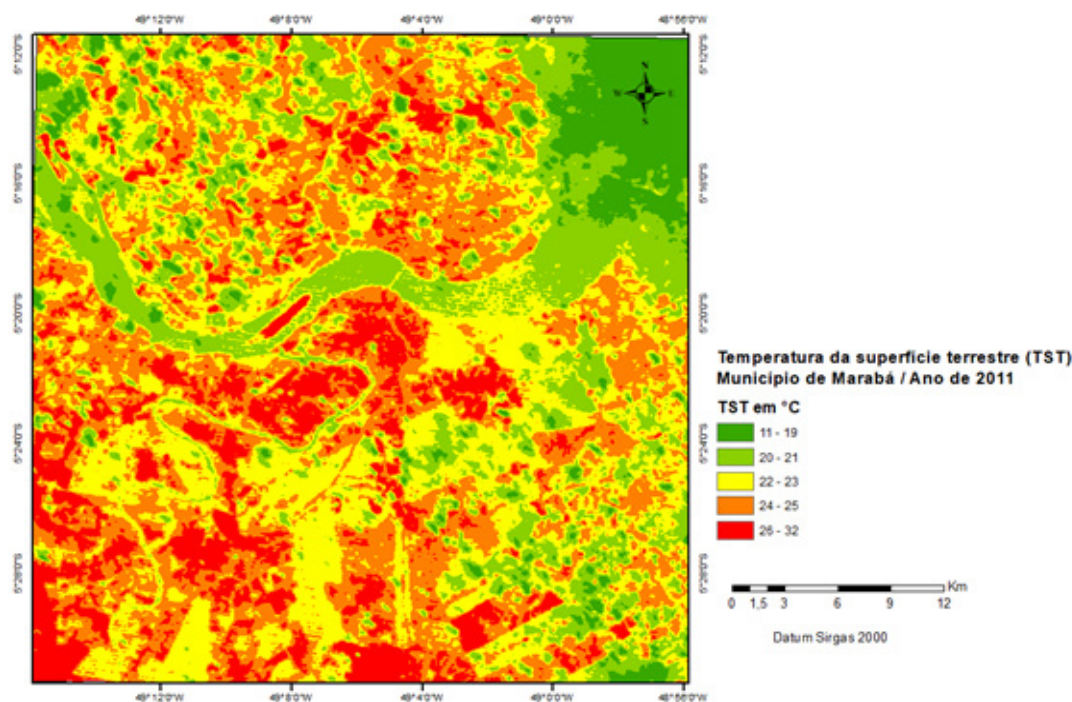
Figura 3. Mapa de LST do ano de 2006 para o município de Marabá



Fonte: Os autores.

No mapa da figura 4 é possível identificar que houve aumento de áreas com temperatura elevada, em especial nos centros urbanos, caracterizando a formação de ilhas de calor no município de Marabá. Esse fenômeno é formado pelo crescimento urbano e a diminuição de áreas verdes das cidades, resultando na elevação das temperaturas nos centros da mancha urbana, segundo Pereira et. al.(2006). Ademais, os materiais de construção absorvem e retêm a radiação solar por mais tempo, principalmente em se tratando de materiais com cores escuras, que possuem o poder de absorver e reter o calor (Gartland, 2011).

Figura 4. Mapa de LST do ano de 2011 para o município de Marabá



Fonte: Os autores.

A relação direta do NDVI com a temperatura da superfície nesta pesquisa é observada nas localidades que apresentaram valores menores de NDVI, com exceção dos rios Itacaiúnas e Tocantins, apresentaram maiores valores de temperatura. Essa constatação reafirma a importância da vegetação para o clima nas cidades, ou seja, nos centros urbanos.

4 CONCLUSÕES

Houve significativo aumento de áreas antropizadas na cidade de Marabá entre os anos de 2006 e 2011. Essa informação serve como um gatilho para os gestores públicos para que a expansão urbana seja monitorada com fins executar estratégias para colocar em prática o planejamento urbano do município.

A técnica do NDVI mostrou-se eficiente, pois além de demonstrar as condições da área com relação à vegetação, possibilitou a elaboração de mapas onde se pôde observar a variação entre os anos estudados e a identificação das áreas com maiores mudanças evidenciadas pela associação de cores às faixas dos valores do NDVI. A partir desta pesquisa foi possível apontar as principais áreas que sofreram expansão urbana no município de Marabá.

REFERÊNCIAS

AYOADE, J. O. **Climate change: a synopsis of its nature, causes, effects and management**. Vantage publishers, 2003.

BARBOZA, Eliezio Nascimento; NETO, Francisco das Chagas Bezerra; CAIANA, Clarice Ribeiro Alves. Sensoriamento Remoto aplicado à análise do fenômeno de Ilhas de Calor Urbano na cidade de Vitória, Espírito Santo. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. e187963655-e187963655, 2020.

CARDOSO, Thiago Moreira et al. Análise multitemporal da Área de Proteção Ambiental de Belém e Parque Ambiental de Belém. In: **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009., 2009.

DA SILVA ARAÚJO, Maria Gabriella et al. NDVI como ferramenta de avaliação da expansão urbana em área de proteção ambiental no município de Belém-PA. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 4, p. 386-402, 2020.

DENG, Li; O'SHAUGHNESSY, Douglas. **Speech processing: a dynamic and optimization-oriented approach**. CRC Press, 2018.

EPIPHANIO, José CN et al. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

GARTLAND, Lisa. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. Oficina de Textos, 2011.

GORGANI, S. Afrasiabi; PANAHI, Mahdi; REZAIE, Fatemeh. The Relationship between NDVI and LST in the urban area of Mashhad, Iran. In: **International Conference on Civil Engineering Architecture & Urban Sustainable Development 27&28 November**. 2013.

JENSEN, John R.; EPIPHANIO, José Carlos Neves. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese Editora, 2009.

LOMBARDO, Magda Adelaide. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. Editora Hucitec com apoio de Lalekla SA Comércio e Indústria, 1985.

ORTIZ, Gislene Figueiredo; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Temperatura da superfície da cidade de Cândido Mota/SP a partir da imagem de satélite Landsat 7. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, p. 1-16, 2011.

PEREIRA, G. et al. Identificação do fenômeno de Ilhas de Calor para a região metropolitana de São Paulo através de dados provenientes do Satélite Landsat 7 ETM+. **III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. Aracaju. Anais**, 2006.

YUE, Wusi et al. A comparative quadrant analysis of turbulence in a plant canopy. **Water resources research**, v. 43, n. 5, 2007.



CAPÍTULO 2

**CARTOGRAFIA E TOPOGRAFIA APLICADA
À AVALIAÇÃO DO USO E COBERTURA
DO SOLO NO DISTRITO INDUSTRIAL EM
MARABÁ, REGIÃO NORTE DO BRASIL.**

*CARTOGRAPHY AND TOPOGRAPHY APPLIED
TO THE EVALUATION OF THE USE AND
COVERAGE OF THE SOIL IN THE INDUSTRIAL
DISTRICT IN MARABÁ, NORTH REGION OF
BRAZIL.*

Camila Nascimento Alves¹

DOI: 10.46898/rfb.9786558890690.2

¹ Universidade do Estado do Pará. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5093-7078>. camila.alves@uepa.br

RESUMO

No presente trabalho foi feito a análise dos estudos cartográficos e topográficos aplicados na avaliação do uso e cobertura do solo da área distrito industrial localizado no Município de Marabá (PA) - com base nos resultados foram obtidas as classes de uso e ocupação do solo, delimitadas as áreas de inundações, planejamento urbano, deslizamentos, gestão de riscos ambientais, identificadas a ocorrência de conflito do local com base nos mapas realizados no software Qgis. A avaliação da exatidão da classificação foi realizada com base do satélite Alos Palsar com 12,5m de resolução espacial.

Palavras-chaves: Mapas. Solos. Software Qgis. Relevo.

ABSTRACT

In the present work, the analysis of cartographic and topographic studies applied in the evaluation of land use and coverage of the industrial district area located in the Municipality of Marabá (PA) was carried out - based on the results, the classes of land use and occupation, defined the areas of flooding, urban planning, landslides, environmental risk management, identified the occurrence of conflict of the location based on the maps made in the software Qgis. The evaluation of the classification accuracy was performed based on the Alos Palsar satellite with 12.5m of spatial resolution.

Keywords: Maps. Soils. Software Qgis. Relief.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas três décadas houve um grande avanço na cartografia geotécnica brasileira, com o desenvolvimento de inúmeros trabalhos e muitos procedimentos metodológicos e surgimento de centros produtores deste tipo de cartografia, seguindo linhas metodológicas distintas (Zuquette & Nakasawa 1998), que geraram outros polos de produção (UnB, Instituto Geológico do Estado de São Paulo, etc.). Com o desenvolvimento tecnológico, principalmente na área de informática, pelo surgimento da cartografia digital e dos sistemas de informações geográficas (SIG), nos últimos 15 anos tornou-se mais ágil e rápida a geração de mapas e cartas, ficando facilitados enormemente os processos de integração de dados e a atualização dos produtos cartográficos, à medida que novas informações são geradas ou adquiridas, assim como a reprodução das cartas e mapas em escalas diversas e a custos baixos. Através de cartas cartográficas e topográficas são feitas observações que ficam bem evidentes nos mapeamentos, dos quais se observam represamentos de grande destaque na paisagem (SOBREIRA, 2012).

O auge da produção siderúrgica no Distrito Industrial de Marabá, onde até 2008, se concentraram onze indústrias siderúrgicas, sendo uma aciaria (SINOBRÁS), uma para produção de Ferro-ligas (FERMAR) e nove para produção de ferro gusa. Também demonstram que juntas estas indústrias siderúrgicas funcionaram com vinte e três altos fornos, com produção estimada em 3.058.720 milhões de toneladas/ano incluindo a produção de ferro gusa, aço e ferro ligas, gerando cerca de 3.940 empregos diretos em Marabá, o que pode ser considerado um nível relativamente baixo se comparado com os problemas socioambientais causados por este tipo de atividade (SANTOS, 2017).

A questão ambiental da produção siderúrgica considerada em dois aspectos; o primeiro fator que contribuiu para a crise no setor diz respeito à dificuldade por parte das siderúrgicas, no cumprimento da legislação bem como queixas ante a burocracia instalada nos órgãos ambientais. O segundo ponto está ligado às operações de combate às ilegalidades na cadeia produtiva do carvão realizadas entre 2005 e 2011. Nesse período o IBAMA aplicou cerca de R\$ 732,66 milhões de reais em multas levando de vez algumas siderúrgicas a encerrarem Ano 1, N° 01, abril/2017. 73 imediatamente suas atividades, sobretudo aquelas que foram flagradas cometendo crimes ambientais (LOYOLA, 2015).

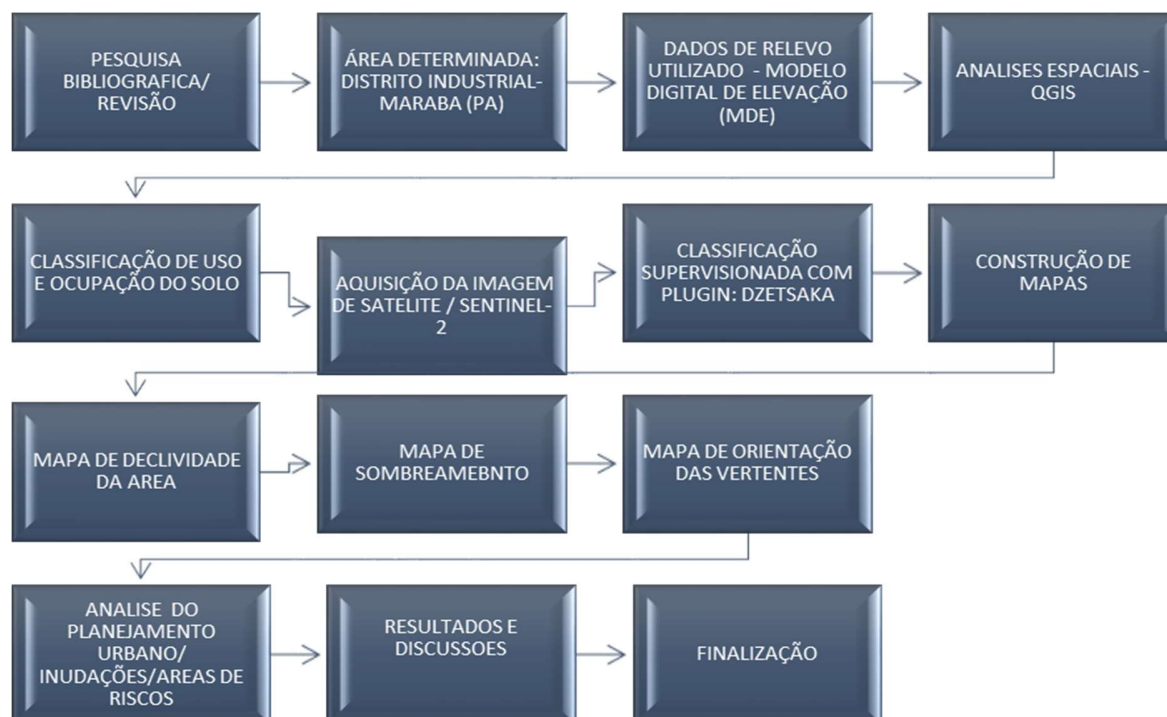
2 OBJETIVO

O objetivo do desenvolvimento deste estudo foi realizar o diagnóstico preliminar e compreender a importância da cartografia e topografia na área do Distrito industrial, afim de obtermos a compreensão da leitura dos mapas.

3 METODOLOGIA

Para a construção dos mapas de declividade e orientação de vertentes, seguidos passos descritos no fluxograma á seguir:

Fluxograma 01. Metodologia aplicada



Fonte: Autora, 2020.

3.1 Caracterização da área de estudo.

A cidade de Marabá, situa-se na mesorregião Sudeste do Pará, com uma distância de aproximadamente 478 Km da capital-Belém. O Distrito Industrial, área de estudo, está localizada na rodovia Governador Augusto Montenegro, na BR 155. A área de estudo compreende aproximadamente 8 km em sua extensão, e nesta extensão encontra-se a área industrial do município em questão, contendo postos de gasolinas, indústrias como a Sinobrás – Siderúrgica Norte Brasil, Siderúrgica Sidenorte, JBS – Marabá, assim como a estação ferroviária de Marabá.

Figura 01 – Delimitação da área do Distrito Industrial de Marabá – Pa



Fonte: Autora, 2020.

4 METODOLOGIA

O artigo foi feito a partir de análises topográficas e cartográficas no município de Marabá, foram usados dados e softwares para elaborações de mapa de declividade, mapa de orientação de vertentes e sombreamento da área.

4.1 Uso do Qgis

O Qgis é um sistema de informação geográfica (SIG), é um software livre com código aberto, multiplataforma de sistema de informação geométrica que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciais. Este Software foi usada para a criação dos mapas de declividade e de orientações de vertentes, expostas neste artigo. Com os mesmos dados e no Qgis é possível também obter mapas de declividade, entre outros dados e mapas.

4.2 Mapa de Declividade

Para as análises e construção do mapa de declividade do Distrito Industrial de Marabá, foram realizados passos orientados pela orientadora da disciplina. A partir de materiais de apoios foi dado início a construção do mapa.

O mapa foi construído no software Qgis, onde pode-se obter todos os subsídios necessários.

Primeiro foi definido a área de atuação do estudo, e calculado o nível de declividade do terreno, então foi adicionado a camada ao projeto do Qgis, depois foi reclas-

sificado o raster usado, onde foi dividido a declividade em classes para que as leituras dos mapas fossem facilitadas, levando em consideração as regras da Embrapa (1979).

Em seguida o arquivo foi reclassificado com o uso da ferramenta *reclas*. Este procedimento realizará o fatiamento do raster usado. E então reclassificado os dados do raster e a atribuição de estilos ao arquivo. Após esses passos foi elaborada as informações sobre declividade da área do Distrito industrial de Marabá – Pa.

4.3 Mapa de Orientação de Vertentes.

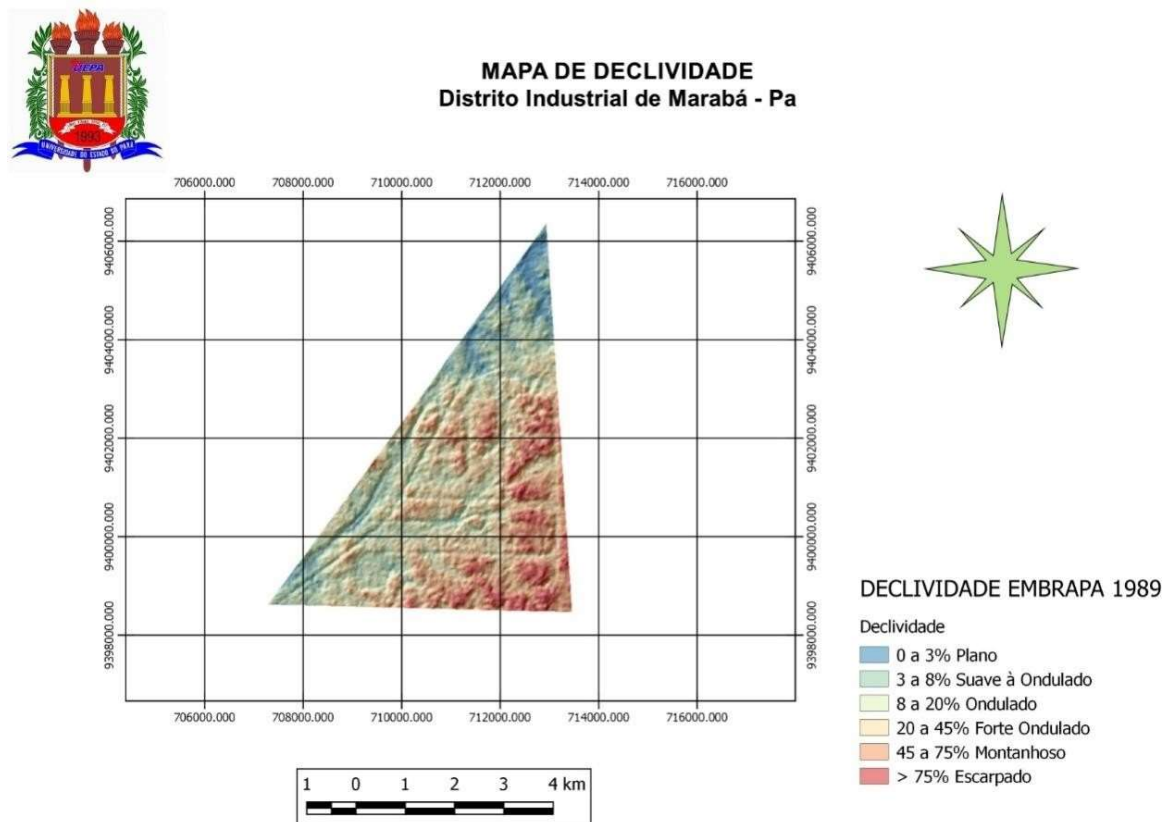
Assim como a para a criação do mapa de declividade, usamos a mesma área de estudo para obtenção do mapa de orientação de vertentes, usando os mesmos passos, como a adicionar a camada no Qgis, a reclassificação do *reclass* porém os valores de reclassificação das informações de orientação de vertentes foram alteradas de acordo com as orientações. Pois seguimos para as propriedades da camada, usando a renderização de banda simples cor falsa, interpolar linear, modo contínuo com 6 classes (norte, nordeste, leste, oeste, sudeste e noroeste). Após abrimos o layout no Qgis onde foi adicionado as legendas, temas e todas as demais informações contidas em um mapa para sua leitura.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Mapa de Declividade

No mapa de declividade pode-se notar que grande parte do local estudado é uma área que possui altos valores consolidados nas classes: montanhoso e escarpado. Classe montanhosa indo de 45% à 75% da área, e classe escarpado sendo maior que 75% da área. Os resultados reclassificados segundo metodologia da EMBRAPA (1979), a qual estabelece os seguintes intervalos: 0 – 3% (relevo plano); 3 – 8% (relevo suavemente ondulado); 8 – 20% (relevo ondulado); 20 – 45% (relevo fortemente ondulado); 45 - 75% (relevo montanhoso) e > 75% (relevo fortemente montanhoso).

FIGURA 2: MAPA DEDECLIVIDADE



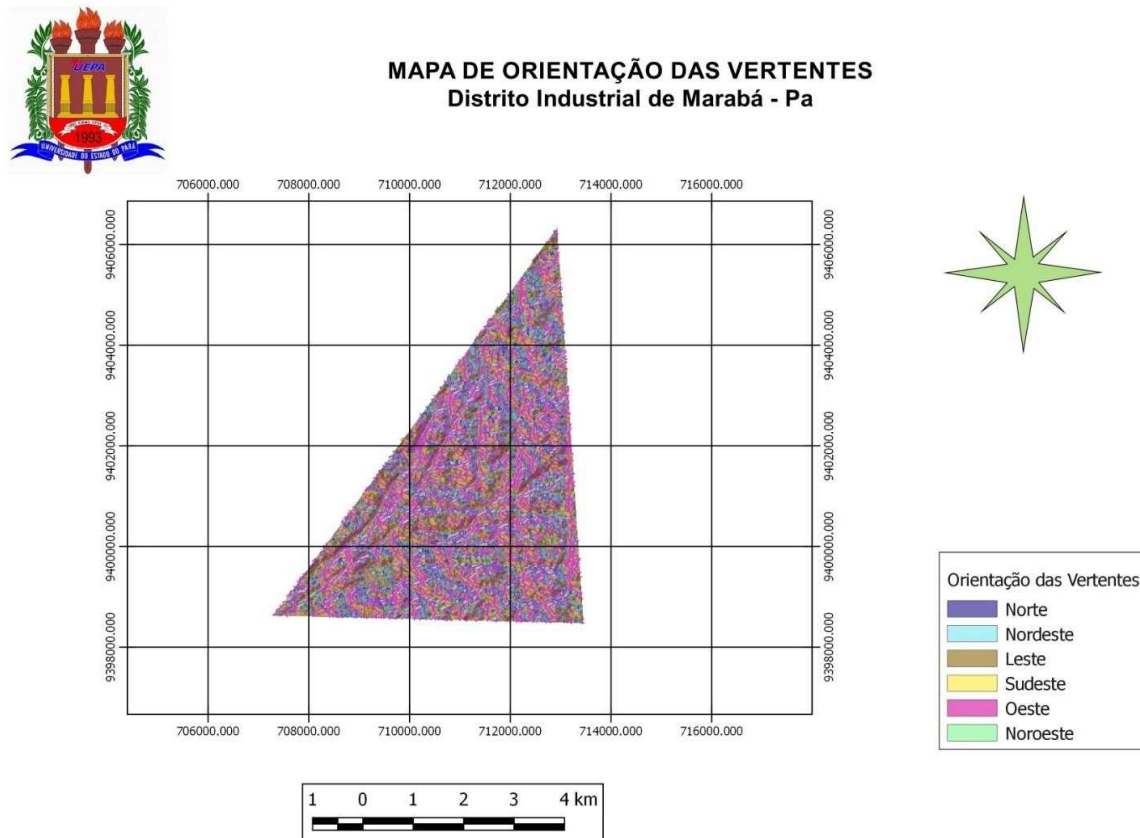
FONTE: Autora, 2020.

5.2 Mapa de Orientação de Vertentes

Numa análise qualitativa da área, nota-se a conformação geral do relevo, bem como os principais divisores de água e a divisão hidrográfica da região, o fluxo de água está representado pela cor rosa. Notando-se a diferença no alinhamento do relevo, no que diz respeito às faixas sul e norte, as drenagens da porção norte do mapa, se mostram muito melhor delineadas em relação as da porção sul, evidenciando vales com incisão mais proeminente e drenagens condicionadas pelos falhamentos da área.

Em relação à orientação de vertentes, ao longo do dia e no decorrer do ano, as vertentes voltadas para o sul, sudeste e oeste estão expostas a uma maior incidência direta de radiação solar e, consequentemente, são áreas com menor umidade natural. Já as áreas orientadas para o norte nordeste e leste, são áreas com menor incidência de radiação solar e retêm ao longo do dia e do ano uma quantidade maior de umidade no solo e nos materiais inconsolidados superficiais. Estas áreas com acúmulo de umidade, quando associadas a declividades mais acentuadas, configuram pontos de instabilidade potencial da superfície por ocasião da ocorrência de eventos pluviométricos mais significativos, e podem deflagrar a instalação de processos erosivos, que eventualmente viriam a promover uma maior

FIGURA 3: MAPA DE ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES.



FONTE: Autora, 2020.

5.3 Classificação geomorfológica

Superfície de aplanamento elaborada durante fases sucessivas de retomada de erosão, sem, no entanto perder suas características de aplanamento, cujos processos geram sistemas de planos inclinados, às vezes levemente côncavos. Pode apresentar cobertura detrítica e/ou encouraçamentos com mais de um metro de espessura, indicando remanejamentos sucessivos (Pri), ou rochas pouco alteradas truncadas pelos processos de aplanamento que desnudaram o relevo (Pru). Ocorre nas depressões pediplanadas interplanálticas e periféricas tabuliformes e no sopé de escarpas que dominam os níveis de erosão inferiores e eventualmente nos topos de planaltos e chapadas ao longo dos vales.

5.4 Uso do solo

A área concentra formações cristalinas do Pré-Cambriano, correspondentes ao Complexo Xingu, Grupo Tocantins, e entre as formações sedimentares estão a Formação Itapecuru, Pedra de Fogo e Formação Barreiras, além de unidades de posicionais do quaternário. Em relação aos solos, dominam na área os podzolicos vermelho-amarelo álico a moderada textura média e argilosa. Em manchas menores estão os latossolo vermelho amarelo, álico a moderado e nas áreas alagadiças os solos hidromórficos e eventuais neo-solos (areias quartzozas), conforme .

5.5 Riscos e impactos ambientais

O distrito industrial de marabá sofre inúmeros impactos diretos ao meio ambiente, uma vez que nele estão localizadas indústrias, frigoríficos e o pátio ferroviário. Com a fiscalização fraca, muitos impactos ambientais acabam ocorrendo. Um exemplo desses é o caso de um frigorífico que em 2018 corria sério risco de rompimento de parte da estrutura da lagoa de tratamento de efluentes, que acarretariam em danos ambientais ao rio Itacaiunas e Tocantins.

As indústrias siderúrgicas e a intensa atividade pecuária foram responsáveis por boa parte de impactos ambientais na região do distrito industrial de Marabá. Para que as indústrias funcionassem se fez necessário grande área terrena, assim como grande quantidade de carvão, o que leva a enorme devastação de mata nativa. Em Marabá, a agroindústria trabalha com processamento de polpas, farinha de mandioca, beneficiamento de arroz, leite e palmito.

Em 17 de dezembro de 1997, criou-se a Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Município de Marabá – SEMMA, cuja finalidade e objetivo são: planejar, coordenar, supervisionar e controlar as atividades relativas à Política Municipal do Meio Ambiente, à preservação, a conservação, o uso racional dos recursos naturais e promover a integração dos órgãos da administração pública e privada na busca pelo bom Equilíbrio Ambiental, a preocupação com a preservação ambiental. Todavia, foi somente em 31 de dezembro de 1999, por intermédio da Lei Municipal nº16. 191, que referida secretaria foi estruturada e organizada (PLANO DIRETOR DE MARABÁ).

Como exemplos de degradação ambiental, que vem comprometendo não só a segurança de sua população, ao apresentarem limitações naturais. Tal fato vem ocorrendo também em cidades do sul do Pará, por esta região constituir-se uma área que vem concentrando um dos maiores crescimentos populacionais ao longo dos últimos 30 anos. Aliada às condições da geomorfologia, geologia, climatologia, pedologia e fitogeografia a urbanização da grande Marabá e de seu entorno tem sido a maior responsável pelos problemas de seu sítio físico. O estudo do sítio urbano de Marabá se revela, portanto como um dos mais problemáticos dentro do Estado do Pará, cujos aspectos críticos já existentes, se acentuaram demasiadamente com sua expansão advinda, sobretudo com a instalação do Projeto Grande Carajás (FURTADO, A. A. A, 2004).

Vale ressaltar também os inúmeros conflitos por terra na região, o que gerou impactos sociais e ambientais na região.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os mapas de uso e ocupação do solo resultou como etapa final, analisando a modificação da paisagem através das formas de uso e ocupação sem nenhum planejamento urbano e ambiental. Neste sentido, os mapas confeccionados demonstraram a ampliação desordenada do cenário urbano na área de estudo. O método mostrou

ser de grande utilidade quando se faz necessário realizar um diagnóstico do uso e cobertura do solo, as classes de uso e ocupação da terra definidas no estudo em questão estão bastante relacionadas ao processo de urbanização do espaço, bem como o uso do solo da região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji. Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. 1998.

BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Bookman Editora, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-S-NLCS. Micelânea, 1).

LEDA, V. C; POLONIO, V. D; SARTORI, A. A. C; et al. Análise comparativa de mapas de declividade na bacia do Ribeirão da Prata em Lençóis Paulista – SP. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

LOYOLA, Edney. Contradições dos Efeitos de Influência e Polarização em Marabá-PA e Açailândia-MA: uma Análise a Partir da Indústria Siderúrgica. **Revista de Ciências Gerenciais**, v. 19, n. 29, p. 17-24, 2015.

PERTILLE, Carla Talita et al. Geração de mapa de declividade da bacia hidrográfica do Rio Iguaçu a partir de geoprocessamento.

SANTOS, Marcelo Melo. REFLEXÕES SOBRE A CRISE NO SETOR SIDERÚRGICO DO DISTRITO INDUSTRIAL DE MARABÁ E AS ESTRATÉGIAS EMPRESARIAIS. **Confronteiras**, v. 1, n. 1, 2017.

SOBREIRA, Frederico Garcia; SOUZA, LA de. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, n. 1, p. 79-97, 2012.

ZUQUETTE, L. V.; NAKAZAWA, V. A. Cartas de geologia de engenharia. **Geologia de Engenharia**. São Paulo, ABGE, 1998.



CAPÍTULO 3

MODELOS MATEMÁTICOS NA COMPREENSÃO DE SITUAÇÕES FÍSICAS

MATHEMATICAL MODELS IN UNDERSTANDING PHYSICAL SITUATIONS

Ednilson Sergio Ramalho de Souza¹

DOI: 10.46898/rfb.9786558890690.3

¹ Universidade Federal do Oeste do Pará. <https://orcid.org/0000-0002-2816-0941>. ednilson.souza@ufopa.edu.br.

RESUMO

O objetivo é detectar e analisar, à luz da teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird, possíveis representações mentais (representações proposicionais, modelos mentais e imagens mentais) formadas durante a modelagem matemática de situações físicas e inferir como estas representações se relacionam aos modelos matemáticos construídos. Com base nos modelos matemáticos elaborados durante a modelagem matemática de quatro situações físicas da mesma classe por uma estudante egressa do ensino médio, em situação de interlocução com o pesquisador, tentou-se inferir qual a relação entre os possíveis modelos mentais formados e os modelos matemáticos construídos. Em primeira análise, pode-se observar que os modelos matemáticos elaborados pela estudante estavam fortemente ligados aos modelos mentais formados durante a modelagem matemática. Os modelos matemáticos poderiam servir, portanto, como “termômetros” à análise dos possíveis modelos mentais.

Palavras-chave: Modelos matemáticos, Modelos mentais, Situações físicas.

ABSTRACT

The objective is to detect and to analyze, to the light of the theory of the Mental Models of Johnson-Laird, possible mental representations (proposition representations, mental models and mental images) formed during the mathematical modelling of physical situations and to infer as these representations links to the built mathematical models. With base in the mathematical models obtained during the mathematical modelling of four physical situations of the same class by a student exit of the medium teaching, in dialogue situation with the researcher, it tried to infer which the relationship between the possible formed mental models and the built mathematical models. In first analysis, it could be observed that the mathematical models elaborated by the student they were strongly linked to the mental models formed during the mathematical modelling. The mathematical models could serve, therefore, as "thermometer" to the analysis of the possible mental models.

Keywords: Mathematical models; Mental models, Physical situations.

1 INTRODUÇÃO

A ideia de modelos mentais é a seguinte: quando pensamos, construímos modelos simplificados da realidade. Esse modelo mental é determinado pela nossa *compreensão* de tal realidade. Por sua vez, nossa compreensão está limitada às nossas habilidades e competências (cognitivas, culturais, lingüísticas e sociais) e ao nosso conhecimento prévio sobre o assunto (BORGES, 1999, p. 87).

Apesar do uso generalizado, não é tarefa fácil identificar e analisar os modelos mentais que as pessoas utilizam para resolver algum tipo de problema, dado o grau de instabilidade dos mesmos. “Os modelos mentais das pessoas podem ser deficientes em vários aspectos, talvez incluindo elementos desnecessários, errôneos ou contraditórios” (MOREIRA, 1996, p. 202).

O objetivo desta pesquisa é analisar, à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird, possíveis representações mentais (representações proposicionais, imagens mentais e modelos mentais) formadas durante a modelagem matemática de situações físicas e inferir de que maneira os modelos matemáticos elaborados relacionam-se às possíveis representações mentais formadas durante a modelagem.

Após a exposição de nossa metodologia de pesquisa, veremos algumas considerações gerais sobre modelagem matemática. Seguiremos com o estudo das representações mentais na visão de Johnson-Laird (representações proposicionais, modelos mentais e imagens mentais), analisaremos em seguida uma série de interlocuções realizadas durante a modelagem matemática do tema *Energia Mecânica*, cujo objetivo foi detectar possíveis representações mentais de uma estudante egressa do nível médio; tendo como base para essa análise os modelos matemáticos construídos pela mesma, além das externalizações verbais, escritas e pictóricas.

2 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada em três momentos interlocutivos com duração de 50 minutos em média cada um, em que se procurou analisar possíveis representações mentais formadas por uma estudante egressa do nível médio. O sujeito da pesquisa foi uma ex-aluna do pesquisador, de 33 anos, casada, dona de casa, concluiu o ensino médio no ano de 2006, desde então essa estudante tenta vestibular para uma universidade pública. Escolheu-se essa estudante por que se considerou o interesse dela em aprender Física para obter êxito nos exames vestibulares. Essas interlocuções geraram protocolos verbais que foram transcritos e analisados. No primeiro momento fez-se a *interação* com o tema Energia Mecânica, ou seja, apresentação das situações que posteriormente foram matematizadas. Essa interação (familiarização) com o assunto cons-

tou de pesquisas, explicações e diálogos entre o pesquisador e a estudante a respeito dos conceitos de Energia Cinética (Ec) e Energia Potencial Gravitacional (Epg), sempre privilegiando a troca de significados destes conceitos. No segundo momento foram *matematizadas* as situações apresentadas anteriormente (na interação com o tema) visando à construção de modelos matemáticos. No terceiro momento foram propostos três problemas¹ (P_1 , P_2 e P_3) correspondendo, respectivamente, às situações (S_1 , S_2 e S_3) para a estudante *validar* ou não os modelos matemáticos elaborados. Finalmente, procurou-se estabelecer relações entre os modelos matemáticos construídos pela estudante e as possíveis representações mentais detectadas.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE MODELAGEM MATEMÁTICA

Ao investigar um fenômeno qualquer para tentar entendê-lo, é comum levantarmos algumas hipóteses sobre o seu funcionamento. Essas hipóteses serão corroboradas ou não através de observações. Pesquisa e criatividade são elementos fundamentais para o êxito de qualquer processo investigativo. Quando o resultado dessa pesquisa puder ser expresso por um conjunto de símbolos matemáticos tem-se, então, um modelo matemático. Um modelo matemático pode ser apresentado sob a forma de: uma tabela, um gráfico, uma equação (algébrica, diferencial, integral), um programa computacional (BIEMBENGUT e HEIN, 2003, p. 14).

Os autores acima propõem três etapas para a efetivação da modelagem matemática: *Interação* (reconhecimento da situação-problema e familiarização com o assunto a ser modelado, ou seja, com o referencial teórico); *Matematização* (formulação de problemas que gerarão hipóteses e resolução do problema em termos de modelo); *Modelo matemático* (interpretação da solução e validação do modelo que será feita mediante uma avaliação). (ibid.).

Podemos desta forma, dizer que modelagem matemática consiste em um conjunto de procedimentos que objetivam a produção de um modelo matemático. Esses procedimentos possuem características peculiares, isso faz com que se possam distinguir fases ou etapas da modelagem matemática.

Analisando as etapas propostas por alguns autores (BURAK, 1998; BIEMBENGUT e HEIN, 2003; BASSANEZI, 2004;) pode-se perceber que a *formulação de problemas* é um procedimento comum em todas elas.

Jonei Barbosa (2001, p. 6), ao analisar alguns trabalhos sobre modelagem matemática, percebeu três níveis em que o professor poderá realizar a formulação de problemas:

¹ Ver anexo.

Nível 1- Trata-se da “problematização” de algum episódio “real”. A uma dada situação, associam-se problemas. A partir das informações qualitativas e quantitativas apresentadas no texto da situação, o aluno desenvolve a investigação do problema proposto.

Nível 2- O professor apresenta um problema aplicado, mas os dados são coletados pelos próprios alunos durante o processo de investigação.

Nível 3- A partir de um tema gerador, os alunos coletam informações qualitativas e quantitativas, formulam e solucionam problemas

Nesta pesquisa nos detivemos ao nível 1 de Barbosa. Ou seja, apresentamos à aluna quatro situações da mesma classe e procuramos propor problemas para que a mesma fizesse a investigação através dos dados apresentados.

As representações mentais na visão de Johnson-Laird

Quando observamos algum aspecto da realidade, psicologicamente estamos reproduzindo mentalmente essa realidade, ou seja, construindo uma representação interna dela “As pessoas não captam o mundo exterior diretamente, elas constroem representações mentais (quer dizer, internas) dele” (MOREIRA, 2006, p. 193). Johnson-Laird (1983) propõe, no geral, três tipos de representações mentais: representações proposicionais, modelos mentais e imagens mentais.

4 REPRESENTAÇÕES MENTAIS

4.1 Representações proposicionais

As representações proposicionais são representações mentais criadas segundo regras rígidas de formação, segundo a sintaxe da sentença (proposição), são totalmente abstraídas do que está explícito no texto da situação, *são verbalmente expressáveis* (MOREIRA op. cit., p. 194),

As representações proposicionais são discretas (individuais), abstratas, organizadas segundo regras rígidas e captam o conteúdo ideacional da mente independente da modalidade original na qual a informação foi encontrada, em qualquer língua e através de qualquer dos sentidos (EISENCK e KEANE, p. 184).

As representações proposicionais não são frases em nenhuma língua conhecida. Elas são formuladas em uma linguagem própria da mente, que poderíamos chamar de “mentais” (ibid.). Observa-se que apesar destas representações não serem formuladas em língua conhecida, um dos critérios atribuídos por Johnson-Laird é que elas sejam *expressáveis verbalmente*. Essa representação mental é formada de acordo com a estrutura sintática da premissa da qual foi abstraída, por isso segue uma regra rígida

de formação mental “As representações proposicionais podem ser esquadrinhadas somente nas direções permitidas pela sintaxe e pelas codificações desse tipo de representação” (ibid., p. 204).

O sujeito que raciocina com base em representações proposicionais relaciona somente os conceitos que estão *explícitos* no enunciado do problema, não consegue avaliar outras situações, não é capaz de relacionar os conceitos que estão explícitos a conceitos implícitos, subjacentes a esse enunciado, ou seja, a conceitos que possam estar armazenados no seu conhecimento prévio; o sujeito apenas *memoriza* o problema, a situação, os procedimentos.

Quem faz uso de uma representação meramente proposicional utiliza regras soltas, sem significados e não consegue, com o uso destas regras, avaliar situações diferentes, isto é, não consegue compreender, o que implica explicar a estrutura conceitual de uma teoria ou de um princípio e os fenômenos vinculados (LAGRECA e MOREIRA, 1999, p. 204).

Nota-se que, embora uma representação proposicional mentalmente possa ser formada segundo uma estrutura rígida (segundo a organização das palavras na frase), quem utiliza destas representações para resolver problemas (o saber fazer), raciocina sem atribuir significados às regras usadas, o sujeito pode até explicar a trama conceitual de um conceito; mas não compreende o que está explicando, por isso ele não consegue analisar situações diferentes da mesma classe. Ele não consegue prever relações conceituais, não consegue antecipar acontecimentos, não consegue fazer inferências, não consegue “manipular” a situação em sua mente.

Por exemplo, vamos dizer que em uma atividade de modelagem matemática seja dada para as equipes a seguinte situação,

Segundo o depoimento de um guarda rodoviário, eles têm uma regra para calcular a *distância de frenagem* de um veículo desde o momento que é acionado o freio até o momento em que este se encontra parado (...) (MACHADO JR., 2005, p. 111).

Se o sujeito, ao ler essa situação e avaliá-la (analisá-la, buscar o conhecimento prévio que possuir a respeito dos conceitos envolvidos, evocar esquemas de compreensão etc), for capaz somente de expressar verbalmente proposições do tipo: “*se é acionado o freio, o veículo pára*”, relacionando somente conceitos existentes (explícitos) no enunciado do problema; poderíamos dizer que esse sujeito estaria raciocinando com base apenas em representações meramente proposicionais. Porém, se esse indivíduo, ao evocar o seu conhecimento prévio, for capaz de inferir a relação implícita ao enunciado: “*a frenagem provoca uma aceleração negativa*”, então esse sujeito poderia estar trabalhando com base em *modelos mentais funcionais* para avaliar a situação.

4.2 Modelos mentais

Os modelos mentais são representações mentais que se parecem (são análogos, semelhantes) aos fenômenos² do mundo. Ou seja, são análogos estruturais do mundo,

Modelo mental é uma representação interna de informações que corresponde, analogamente, ao estado de coisas que estiver sendo representado, seja qual for ele. Modelos mentais são análogos estruturais do mundo (MOREIRA, 2006, p. 197).

Se uma pessoa consegue andar em um quarto escuro sem se machucar, é porque ela possui um modelo mental espacial desse quarto, se uma pessoa consegue descrever o funcionamento de um aparelho, é porque ele tem um modelo mental relacional ou dinâmico desse aparelho, se uma pessoa é capaz de compreender e dar significado a relações conceituais do tipo “se há frenagem, há aceleração negativa”, então essa pessoa possui um modelo mental conceitual que lhe permite simular tal situação.

No caso da modelagem matemática, um modelo mental adequado deve possibilitar ao aprendiz inferir relações consistentes entre as variáveis ou dados coletados, entre os conceitos abordados no processo; deve possibilitar ao sujeito fazer previsões sobre um determinado estado de coisas, antecipar acontecimentos, explicar a trama conceitual envolvida na construção de um modelo matemático, o modelador deve ser capaz de rodar³ mentalmente a situação em seu sistema cognitivo, enfim, este modelo mental deve ser funcional⁴,

A finalidade de um modelo mental é permitir que a pessoa entenda e antecipe o comportamento do sistema físico. Isso significa que o modelo deve ter uma potência preditiva tanto através de regras de inferência como por meio de derivações procedimentais; ou seja, a pessoa deve poder ‘rodar’ mentalmente o modelo (MOREIRA, 1996, p. 202).

Portanto, entendemos que a compreensão e resolução de um problema enfrentado durante a modelagem matemática de um dado fenômeno, podem ser favorecidas pela capacidade do indivíduo formar modelos mentais pertinentes à solução do problema. Essa capacidade depende, entre outros fatores, da diferenciação conceitual progressiva - onde “as idéias mais gerais e mais inclusivas da disciplina são apresentadas em primeiro lugar. São então progressivamente diferenciadas, em termos de detalhe e especificidade” (AUSUBEL et al., 1980, p. 159) - e da reconciliação integrativa, na tentativa de explorar explicitamente relações entre as idéias, de apontar semelhanças e diferenças significativas, de reconciliar inconsistências reais ou aparentes (ibid., p. 161) dos conceitos que orbitam a situação.

Desta forma, quanto mais elaborados, mais organizados, mais diferenciados forem os conceitos no sistema cognitivo do aluno modelador, maior é a probabilidade de

² Entendemos por fenômeno tudo que é percebido pelos sentidos ou pela consciência.

³ Rodar no sentido de simular a situação analisada

⁴ Funcional no sentido de ser eficiente, porém, não necessariamente eficaz.

formar modelos mentais adequados à elaboração de modelos matemáticos eficientes à representação de uma dada realidade.

A formação de conceitos de certa área do conhecimento, ou melhor, a formação de campos conceituais depende dos vários contextos em que se empregam esses conceitos, depende das *várias situações* da mesma classe às quais o aprendiz é confrontado (VERGNAUD, 1990). Por isso acreditamos que a formação de modelos mentais adequados à modelagem matemática de um dado aspecto da realidade, esteja, entre outros fatores, ligada ao confronto, pelo modelador, de várias situações da mesma classe, dos diferentes ambientes onde o aluno deverá empregar os conceitos, nas diferentes ocasiões onde serão necessárias diferentes compreensões de um mesmo objeto conceitual. Por exemplo, o conceito de *força* pode ser compreendido dentro dos contextos de *força elétrica, força eletromagnética, força gravitacional, força magnética, força muscular, força mental, etc.*

4.3 Imagens mentais

Para Johnson-Laird, imagens mentais são representações mentais particulares (vistas de um certo ângulo) de modelos mentais (MOREIRA, 1996),

Portanto, na perspectiva de Johnson-Laird, representações proposicionais são cadeias de símbolos que correspondem à linguagem natural, modelos mentais são análogos estruturais do mundo e imagens são modelos vistos de um determinado ponto de vista (p. 195).

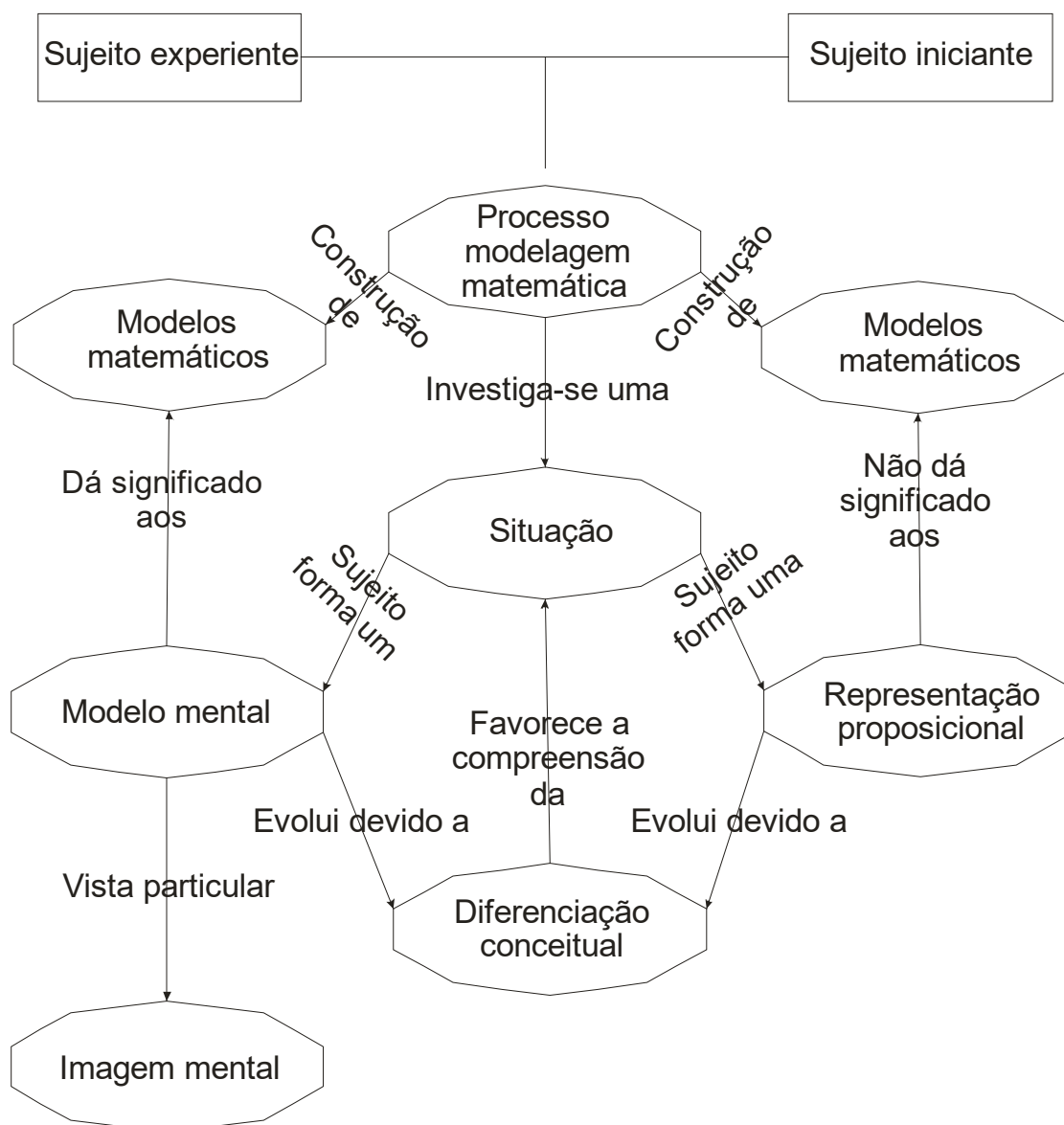
As imagens mentais possuem um grau de especificidade bem maior que as representações proposicionais e os modelos mentais. As imagens são “(...) resultantes de percepção ou imaginação, elas representam aspectos perceptíveis dos objetos ou eventos correspondentes do mundo real” (ibid., p. 204).

Embora as representações proposicionais sejam atreladas à sintaxe (organização gramatical) da premissa que as originam, sejam rígidas estruturalmente, elas são menos específicas que as imagens mentais. Podemos perfeitamente formar uma representação proposicional que estabeleça a relação entre guarda rodoviário e veículo sem dizer se o guarda está à direita ou à esquerda do veículo. Porém é difícil imaginar um guarda qualquer, ou um veículo qualquer; a imagem que nos vem à mente é de um guarda ou um veículo em específico (por exemplo, de um amigo que é guarda ou de um carro conhecido).

Vamos resumir o que foi visto até aqui através de um mapa conceitual⁵ que mostrará as inter-relações entre as idéias abordadas:

⁵ Instrumento que serve para mostrar se o aprendiz relaciona adequadamente conceitos. Acredito que se o aluno consegue fazer um mapa conceitual conexo ele estará raciocinando embasado em modelos mentais adequados.

Fig. 1- Mapa conceitual mostrando as inter-relações entre os conceitos abordados neste artigo.



Fonte: Autor (2010)

No mapa conceitual acima, observa-se que a finalidade do processo de modelagem matemática é construção de modelos matemáticos consistentes. Ao se investigar uma situação, o sujeito que tem um bom repertório cognitivo, que tem habilidade em relacionar conceitos, que tem capacidade (cognitiva, cultural, lingüística, social) pode formar um modelo mental da situação. Esse modelo mental proporcionará significado aos modelos matemáticos construídos, o indivíduo que dá significado aos modelos matemáticos pode empregá-los em várias situações do dia-a-dia. Por outro lado, o indivíduo que não tem habilidade em relacionar conceitos e variáveis, pode formar uma representação proposicional da situação. A representação proposicional formada não garante significado aos modelos matemáticos elaborados, o sujeito aplica mecanicamente esses modelos. Não sendo capaz de empregá-los em outras situações diferentes.

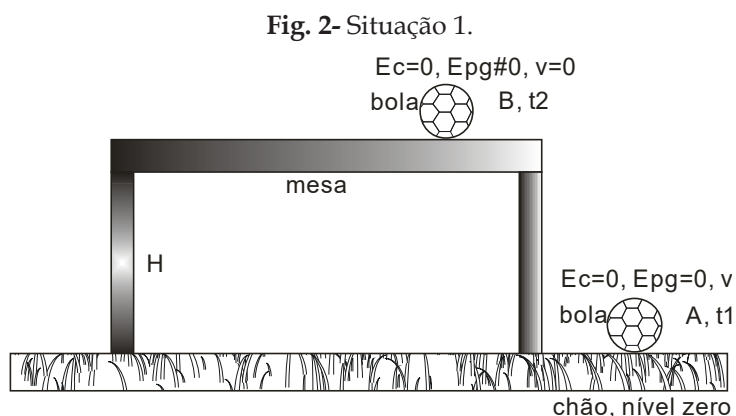
Porém a diferenciação conceitual e o emprego dos conceitos em diferentes situações da mesma família podem fazer a representação proposicional evoluir para um modelo mental. A formação de campos conceituais adequados proporciona a formação de modelos mentais eficazes. A imagem mental é uma vista particular do modelo mental, sendo tanto mais específica quanto maior for a formação de campos conceituais.

5 POSSÍVEIS REPRESENTAÇÕES MENTAIS FORMADAS DURANTE A MODELAGEM MATEMÁTICA DO TEMA ENERGIA MECÂNICA

Nesta seção vamos analisar trechos de interlocuções feitas durante a modelagem matemática do tema Energia Mecânica. O objetivo foi detectar possíveis representações mentais (representações proposicionais, modelos mentais e imagens mentais) e analisar a relação entre essas representações e os modelos matemáticos elaborados.

Após a fase da interação, onde pesquisador e estudante analisaram as quatro situações abaixo, dialogando sobre os conceitos de Energia Cinética e Potencial Gravitacional, deu-se início à matematização das mesmas.

Situação 1. Esta situação se refere a uma bola de massa m que, primeiramente encontra-se no chão em repouso (t_1 , ponto A) e, posteriormente encontra-se em repouso em cima de uma mesa de altura H (ponto B, t_2).



Fonte: Autor (2010)

Pesquisador: Essa energia dela ((da bola)) aqui em cima...((ponto B)) ela tem energia cinética?

Rosa: Não...

Pesquisador: Por quê?

Rosa: Porque pra ter energia cinética...o objeto tem que está se movendo...

Pesquisador: Certo...então não tem energia cinética...então nós vamos colocar bem aqui assim...((o pesquisador escreve no papel)) a energia cinética é zero...ela tem energia potencial gravitacional ((no ponto B da situação 1))?

Rosa: Tem...

Pesquisador: Por quê?

Rosa: Porque ela está numa certa altura...

Pesquisador: Certo...então energia potencial aqui ((o pesquisador escreve no papel)) nós vamos falar assim...é diferente de zero...tá? Então qual é a energia total dela aqui em cima ((no ponto B))?

Rosa: Há...é...eu acho que é...*energia...cinética menos a energia potencial...*

Percebe-se, neste trecho, que a estudante já possui um modelo mental funcional para representar a situação 1, pois a mesma conseguiu relacionar as duas formas de energia (Cinética e Potencial) em um modelo matemático que pode ser dado pela equação $E_c - E_p$ passível de ser reformulado para um modelo matemático aceito cientificamente, ou seja, o modelo matemático $E_c + E_{pg}$,

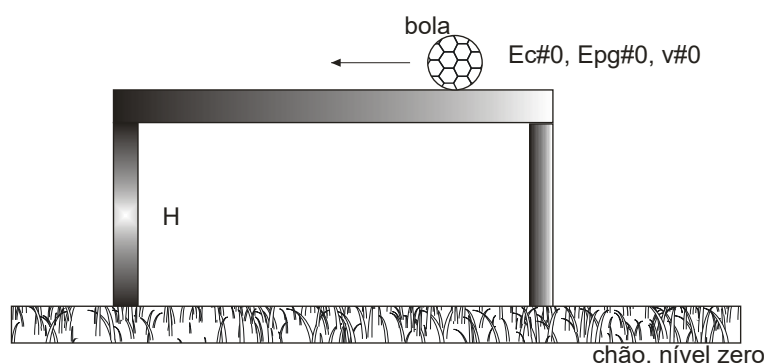
Os modelos mentais são importantes, pois é através de sua manipulação que geramos as previsões e explicações sobre um determinado estado de coisas, a forma pela qual compreendemos o funcionamento do mundo (Fernandes, 2000, p.16).

O fato de a mesma ter deduzido um modelo matemático pouco adequado, mas com *possibilidade de ser reformulado* para um modelo matemático correto, pode estar significando que o modelo mental formado também necessita ser reformulado para um modelo mental mais eficiente: é preciso diferenciar ainda mais os conceitos envolvidos. Embora o modelo mental formado possa estar sendo funcional (eficiente), uma vez que a estudante pôde “rodá-lo” em sua mente e inferir a relação apresentada entre as energias ($E_c - E_{pg}$), ele (o modelo mental) não está sendo eficaz: precisa evoluir para um modelo mental eficaz.

A matematização de outras situações da mesma classe poderá favorecer a diferenciação dos conceitos e, por conseguinte, a formação de campos conceituais. Deste modo, a estudante poderá “melhorar” o modelo mental formado para um modelo mental mais pertinente.

Situação 2. Esta situação é referente a uma bola de massa **m** que está em movimento em cima de uma mesa de altura **H**.

Fig. 3- Situação 2.



Fonte: Autor (2010)

Pesquisador: Vamos aqui nessa situação 2...aqui ela tá se movendo? Aqui a ve...a bola...ela já tá em cima da mesa...ela tá se movendo...

Rosa: Tá...

Pesquisador: Ela tem energia cinética?

Rosa: Tem...

Pesquisador: Por quê?

Rosa: Porque ela tá se movendo...tá adquirindo uma fo...uma...uma força...uma velocidade...

Pesquisador: Tá...e ela tem energia...energia potencial gravitacional?

Rosa: Tem...

Pesquisador: Por quê?

Rosa: Porque...ela foi colocada em cima de um objeto...

Pesquisador: Tá...ela tem uma certa altura né?

Rosa: É...

Pesquisador: Tá...então aqui...a energia cinética...

Rosa: Mais...

Pesquisador: A energia cinética aqui...ela é diferente de zero...por quê?

Rosa: Porque as duas...estão numa certa velocidade...

Pesquisador: Certo...então ela é diferente de zero...a energia potencial...ou seja...diferente de zero...quer dizer que ela tem energia cinética...tá...e a energia potencial também é diferente de zero...ou seja...então ela tem energia potencial...

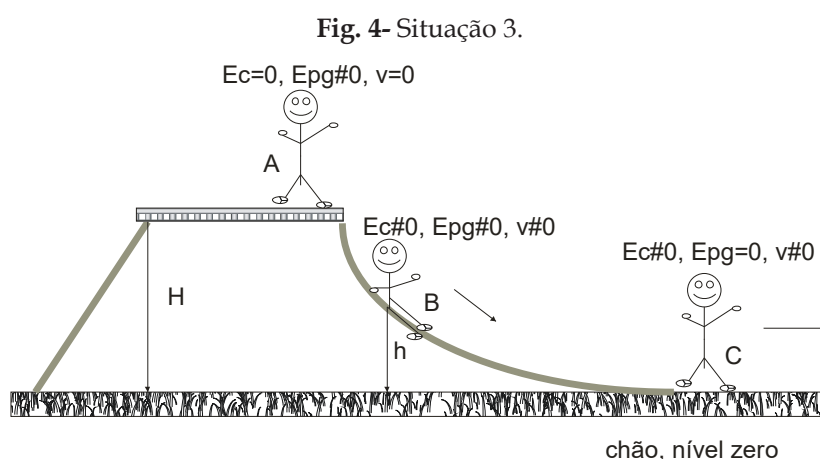
Pesquisador: então qual seria essa energia total aqui na situação 2?

Rosa: Seria energia cinética mais energia potencial...

Esta passagem mostra que, conforme ocorre a matematização das situações, a aprendiz começa a formar um campo conceitual mais abrangente para a Energia Mecânica. A formação desse campo conceitual acontece à medida que os conceitos vão se diferenciando na estrutura cognitiva da aluna.

A dedução do modelo matemático aceito cientificamente $E_t = E_c + E_{pg}$ pode ser indício de que o modelo mental formado para raciocinar sobre a situação 2, em relação ao modelo mental formado para raciocinar sobre a situação 1, está evoluindo, está sendo reformulado, re combinado para um modelo mental mais adequado para representar tais situações, “Os modelos mentais devem ser *combináveis* um com o outro, para que se possa obter novos modelos mais complexos” (D’Amore, 2007, p. 173).

Situação 3. A situação abaixo diz respeito a um menino de massa m ocupando as posições A, B e C de um brinquedo do tipo “escorregador”.



Fonte: Autor (2010)

Pesquisador: Aqui no meio do caminho... ((ponto B)) ela ainda continua com uma certa altura do chão...não continua?

Rosa: Continua...

Pesquisador: Então...agente vai chamar de h... ((o pesquisador escreve no papel)) e ela tá se movimentando...e ela tem o quê? Se ela tá se movimentando...

Rosa: Energia cinética...

Pesquisador: Então aqui...((ponto B))nessa situação...ela tem energia potencial gravitacional?

Rosa: Não...

Pesquisador: Por quê que ela não tem?

Rosa: Bom...eu acho que ela tem as duas...

Pesquisador: Certo...por quê?

Rosa: Porque uma se movimenta...e a outra tá numa certa altura...

Pesquisador: Certo...

Rosa: Então...quando um objeto tá numa certa altura...ele tá adquirindo uma certa energia...e uma certa velocidade...no caso aqui...((a estudante pensa))

Pesquisador: Nesse caso aqui...tem as duas...

Rosa: Tem as duas...

Pesquisador: Então tem a energia potencial...

Rosa: E a cinética...

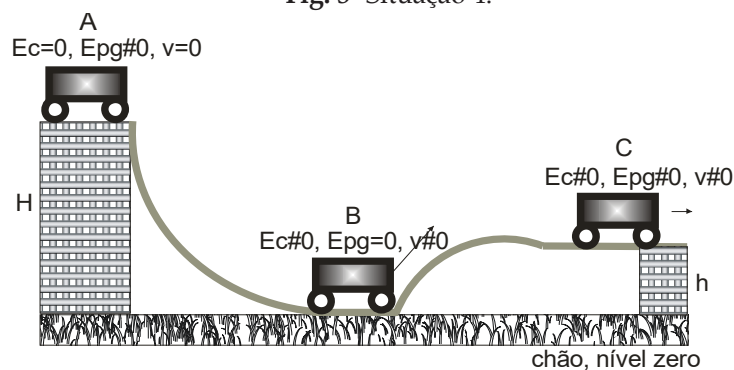
Pesquisador: E tem a energia cinética...então qual seria a energia total aqui nesse caso?

Rosa: *Seria energia cinética mais energia potencial...*

Novamente a aluna demonstra ter conceitos em grau de diferenciação cada vez maior, ou seja, conforme a aluna matematiza novas situações da mesma classe, parece que os conceitos de energia cinética e potencial vão ficando cada vez mais elaborados, “mais sólidos” e organizados em seu repertório cognitivo. Isso favorecerá a formação de modelos mentais cada vez mais complexos e adequados para trabalhar o raciocínio de uma nova situação, “modelos mentais na concepção de Johnson-Laird são estruturas de conhecimento específicas que são construídas e usadas no momento que o usuário lida com uma nova situação” (Borges, 1997, p. 210).

Situação 4. Nesta situação será analisado um carrinho de massa m em uma montanha-russa em três momentos distintos: nos pontos **A**, **B** e **C**.

Fig. 5- Situação 4.



Fonte: Autor (2010)

Pesquisador: E nessa situação aqui...((ponto B)) ele tem energia cinética?

Rosa: Tem...

Pesquisador: Por quê?

Rosa: Porque quando ele passou o chão...ele passou com uma certa velocidade...

Pesquisador: E ele tem aqui energia potencial gravitacional?

Rosa: Não...

Pesquisador: Por quê?

Rosa: Porque ele pa...apesar dele passar pelo chão com certa velocidade...ele não tá mais numa certa altura...

Pesquisador: Então ele tem energia cinética...

Rosa: E energia potencial...

Pesquisador: E NÃO TEM ENERGIA...

Rosa: É...NÃO TEM energia potencial...porque ele...quando ele passou por...pelo chão ele só estava com a energia cinética...

Pesquisador: Aqui nesse nosso primeiro ponto aqui...((ponto A)) qual seria a energia total aqui?

Rosa: *Energia cinética menos a potencial...*

Pesquisador: Energia cinética menos a potencial...e aqui qual seria...((ponto B)) aqui?

Rosa: *É...energia cinética mais a potencial...*

Apesar do grau de diferenciação dos conceitos estar bem maior do que dos momentos anteriores, observa-se que a estudante deduz dois modelos matemáticos para a situação 4 (o modelo $Et=Ec-Epg$ para o ponto A e o modelo $Et=Ec+Epg$ para o ponto B). Esse fato pode estar evidenciando que a estudante parece estar trabalhando com, pelo menos, dois modelos mentais para analisar a situação 4, fruto dos modelos mentais formados durante a análise das situações anteriores. Isso mostra que a evolução de um modelo mental não ocorre com auto-exclusão do modelo mental “subsunçor”⁶, a estudante pode estar evocando de seu “banco” de modelos mentais aquele que ela “acha” mais conveniente. Moreira (1996) adverte que,

Não existe um único modelo mental para um determinado estado de coisas. Ao contrário, podem existir vários, mesmo que apenas um deles represente de maneira ótima esse estado de coisas (p. 196).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho assumimos que a modelagem matemática constitui-se em um conjunto de procedimentos que visam à obtenção e validação de modelos matemáticos (BASSANEZI, 2004). Assumimos também que, de acordo com Johnson-Laird (1983), as representações mentais podem ser classificadas em representações proposicionais, modelos mentais e imagens mentais (MOREIRA, 1996).

Nossa pesquisa baseou-se na hipótese de que a elaboração de um modelo matemático adequado para representar certa situação, está intimamente ligada à formação de modelos mentais eficazes. Sendo assim, pensamos que o estudo da evolução de modelos matemáticos no decorrer do processo de modelagem matemática de situações com origem na Física pode dizer muita coisa sobre a formação e evolução dos modelos mentais construídos durante esse processo.

Apesar de ser tarefa extremamente difícil, pressupúnhamos que a análise dos modelos mentais que as pessoas formam para raciocinar sobre uma situação-problema durante o processo de modelagem matemática, pode ser “facilitada” pela análise dos “caminhos” que essa pessoa percorre em busca de um modelo matemático adequado. Deste modo, a modelagem matemática vem a ser uma estratégia que gera um ambiente favorável ao estudo dos modelos mentais.

No início da primeira interlocução, quando se efetivou a *interação* com o tema (BIEMBENGUT e HEIN, 2003), verificou-se que a estudante não possuía conhecimen-

⁶ Para Ausubel, conceitos subsunçores são conceitos relevantes que podem ancorar um conceito mais diferenciado (Novak, 1977, p. 57; Moreira e Masini, 1982, p. 7). Em analogia aos conceitos subsunçores, entendemos por modelo mental subsunçor aquele que tem capacidade de ancorar um modelo mental mais complexo.

to prévio suficientemente capaz de relacionar os conceitos de Energia Cinética e Potencial Gravitacional. Por esse motivo a estudante parecia “decorar” os conceitos abordados, admitimos que nesse momento a mesma representou mentalmente a situação 1 por meio de uma *representação (meramente) proposicional* (MOREIRA e LAGRECA, 1998, p. 89).

Conforme se analisavam as outras situações e ocorria a interação com o tema, os conceitos de energia cinética e potencial gravitacional diferenciavam-se cada vez mais na estrutura cognitiva da estudante, a ponto de permitir maior compreensão das situações analisadas e propiciar maior significado aos conceitos abordados. Inferiu-se, portanto, que no final da primeira interlocução a estudante já formava um *modelo mental* funcional para representar as situações apresentadas.

No segundo momento das interlocuções, em que se *matematizou* as situações analisadas no primeiro momento, percebeu-se que a obtenção de um modelo matemático adequado para analisar as situações estava vinculada à formação de modelos mentais funcionais. Deste modo pensou-se que os modelos matemáticos deduzidos pela aluna poderiam funcionar como um “termômetro” que indicaria a “qualidade” dos modelos mentais usados na análise das situações. Além do mais, verificou-se que a estudante não “descartava” os modelos mentais usados na análise das situações anteriores, pois ela não “descartava” os modelos matemáticos considerados incoerentes para a classe das situações analisadas.

No terceiro momento das interlocuções foram resolvidos três problemas referentes às situações 1, 2 e 3. Observou-se que, novamente, a estudante fazia uso de dois modelos matemáticos diferentes ($E_t = E_c + E_{pg}$ e $E_t = E_c - E_{pg}$) para analisar tais problemas. Esse fato corroborou nossa hipótese de que as representações mentais (representações proposicionais, modelos mentais e imagens mentais) que a estudante formou para analisar as situações poderiam ser analisadas através dos registros verbais, pictóricos, escritos e dos modelos matemáticos construídos durante a modelagem matemática dessas situações.

É importante destacar que a metodologia usada, ou seja, de primeiramente apresentar as situações durante a interação com o tema, e posteriormente problematizá-las e matematizá-las, provavelmente facilitou a modelagem mental dessas situações, facilitando, assim, a modelagem matemática das mesmas.

Por fim, o estudo dos modelos matemáticos torna-se de fundamental importância para a promoção da inclusão social e para uma visão mais crítica da vida, pois, através dos modelos matemáticos construídos, elaborados ou deduzidos durante o processo de modelagem matemática o aluno pode “avaliar” a realidade a sua volta. A

construção de um modelo matemático consistente do ponto de vista científico reflete a formação de modelos mentais adequados à compreensão do mundo e, portanto, à atuação nesse mundo. Por isso é preciso ter consciência crítica quanto à construção e “uso” dos modelos matemáticos. Jonei Barbosa (2001, p. 19) ressalta que, devido à importância dos modelos matemáticos em balizar nossas decisões e interferir em nossas vidas, torna-se imprescindível uma análise crítica do papel dos modelos matemáticos na vida social. Nesse sentido é preciso estar alerta a questões do tipo: como são usados? O que representam? Quem constrói? A quem servem? Etc.

REFERENCIAIS BIBLIOGRÁFICOS

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANERIAN, H. **Psicologia educacional**. Trad. Eva Nick et al. Rio de Janeiro: Interamericana. 2 ed., 1980.

BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática e os professores: a questão da formação. **Revista Bolema**, Ano 14, n. 15, p. 5-23, 2001a.

BARBOSA, J. C. **Modelagem matemática: concepções e experiências de futuros professores**. Tese de Doutorado em Educação Matemática – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001b.

BASSANEZI, R. C. **Ensino aprendizagem com modelagem matemática**. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2004.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. **Modelagem matemática no ensino**. São Paulo: contexto, 2003.

BORGES, A. T. Como evoluem os modelos mentais. **Revista Ensaio-pesquisa em educação em ciências**, v. 1, n. 1, p. 85-125, set. 1999.

BORGES, A. T. Um estudo de modelos mentais. **Revista Investigação em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 3, p. 207-226, 1997.

BURAK, D. Formação dos pensamentos algébrico e geométrico: uma experiência com a modelagem matemática. **Pró-Mat Paraná**, v. 1, n. 1, p. 32-41, 1998.

CARVALHO, A. M. P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: SANTOS, F. M. T; GRECA, I. M. (Orgs). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. Rio Grande do Sul: Unijuí, 2006, p. 13-48.

D'AMORE, B. **Elementos de Didática da Matemática**. São Paulo: Livraria da Física, 2007.

FERNANDES, R. G. **Modelos mentais em Mecânica Introdutória**: uma simulação computacional. Dissertação de Mestrado em Física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Do saber fazer ao saber dizer: uma análise do papel da resolução de problemas na aprendizagem conceitual de Física. **Revista Ensaio-pesquisa em educação em ciências**, v. 5, n. 1, mar. 2003.

JOHNSON-LAIRD, P. **Mental models**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.

LAGRECA, M. C. B; MOREIRA, M. A. Tipos de representações mentais utilizadas por estudantes de física geral na área de mecânica clássica e possíveis modelos mentais nessa área. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, Mar. 1999.

MACHADO JR. A. G. **Modelagem matemática no ensino-aprendizagem**: ação e resultados. Dissertação de mestrado em Educação Matemática – Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Revista Investigação em ensino de ciências**, v. 7, n. 1, p. 7-29, 2002.

MOREIRA, M. A. Modelos mentais. **Revista Investigação em ensino de ciências**. v. 1, n. 3, p. 193-232, 1996.

MOREIRA, M. A.; LAGRECA, M. C. B. Representações mentais dos alunos em mecânica clássica: três casos. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 3, n. 2, p. 83-106, 1998.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

NOVAK, J. D. **Uma teoria de educação**. Trad. Marco Antônio Moreira. São Paulo: Livraria pioneira, 1981.

SOUSA, C. M. S. G.; FÁVEO, M H. Análise de uma situação de resolução de problemas de Física, em situação de interlocução entre um especialista e um novato, à luz da teoria dos campos conceituais de Vergnaud. **Revista Investigação em ensino de ciências**, v. 7, n.1, p. 55-75, 2002.

VERGNAUD. G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 2 e 3, p. 133-170, 1990.

ANEXOS

Problemas

P₁: Considere que na situação 1 a bola tenha massa igual a 1kg e a altura da mesa seja 1m.

Qual a energia total no ponto A?

Qual a energia total no ponto B?

P_2 : Na situação 2 a massa da bola é 1kg, a velocidade da bola é constante e igual a 20m/s e a altura da mesa é 1m.

Qual a energia total da bola?

O que acontece com a energia total durante o movimento da bola?

P_3 : Na situação 3, considere que a altura do brinquedo é 2m e a massa do menino é 40kg. A velocidade no ponto A é zero.

Qual a energia total no ponto A?

Qual a energia total no ponto B, sabendo que neste ponto o menino está a 1m do chão?

Qual a energia total no ponto C?

Convenções consideradas na transcrição

((...)): comentários do pesquisador.

[...]: falas simultâneas.

.../: truncamento de palavras.

LETRAS MAIÚSCULAS: entonação enfática.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ambientais 12, 13, 14, 18, 24, 25, 31

Avaliação 14, 15, 21, 24, 36

B

Brasil 7, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31

C

Ciências 4, 49, 50

Compreensão 25, 35, 38, 39, 48, 49

Conceitual 38, 39, 40, 41, 42, 44, 50

E

Energia 35, 36, 42, 44, 45, 47, 48

Estudante 34, 35, 36, 42, 43, 45, 47, 48

F

Formação 13, 14, 19, 37, 38, 40, 42, 43, 44, 46, 47, 48, 49

M

Marabá 7, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 32

Matemáticos 34, 35, 36, 40, 41, 42, 47, 48, 49

Mentais 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50

Modelagem 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 47, 48, 49

Modelos 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50

P

Pesquisas 9, 14, 36

Problemas 12, 13, 25, 31, 36, 37, 38, 48, 50

R

Representações 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 47, 48, 50

S

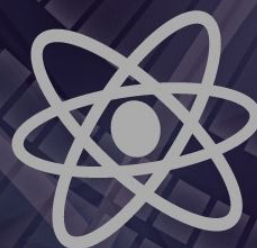
Situação 34, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51

T

Temperatura 7, 11, 13, 15, 17, 19, 21

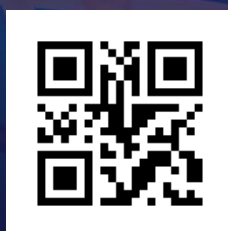
VOLUME 1

**PESQUISAS EM TEMAS DE
CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA**



VOLUME 1

**PESQUISAS EM TEMAS DE
CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA**



Rfb
Editora