



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO**

JUSCELINO LIMA RIOS

**MODELAGEM MATEMÁTICA E AS CONTROVÉRSIAS NA
GERAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

Feira de Santana
2024

JUSCELINO LIMA RIOS

**MODELAGEM MATEMÁTICA E AS CONTROVÉRSIAS NA
GERAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Educação da Universidade Estadual de Feira de Santana, na linha de Currículo, formação e práticas pedagógicas, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Educação.

Orientadora: Prof.^a Dra. Flávia Cristina de Macêdo Santana

Feira de Santana
2024

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

R453m

Rios, Juscelino Lima

Modelagem matemática e as controvérsias na geração da energia solar fotovoltaica / Juscelino Lima Rios – 2024.

171 f.: il.

Orientadora: Flávia Cristina de Macêdo Santana

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Educação, Feira de Santana, 2024.

1. Modelagem matemática. 2. Energia solar. 3. Rede sociotécnica.
4. Formação continuada. I. Santana, Flávia Cristina de Macêdo, orient.
II. Universidade Estadual de Feira de Santana. III. Título.

CDU 51:620.91



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA (UEFS)
Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/1976
Reconhecida pela Portaria Ministerial nº 874/86 de 19/12/1986
Recredenciada pelo Decreto Estadual nº 9.271 de 14/12/2004
Recredenciada pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO (PPGE)

JUSCELINO LIMA RIOS

“MODELAGEM MATEMÁTICA E AS CONTROVÉRSIAS NA GERAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA”. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Estadual de Feira de Santana, na linha de Currículo, formação e práticas pedagógicas, como requisito para obtenção do grau de mestre em Educação.

Feira de Santana, 06 de junho de 2024

Documento assinado digitalmente
gov.br FLAVIA CRISTINA DE MACEDO SANTANA
Data: 20/06/2024 23:33:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof/a. Dr/a. Flávia Cristina de Macêdo Santana Orientador/a – UEFS

Documento assinado digitalmente
gov.br TIAGO BARCELOS PEREIRA SALGADO
Data: 21/06/2024 08:41:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof/a. Dr/a. Tiago Barcelos Pereira Salgado Primeiro/a Examinador/a - IDP

Documento assinado digitalmente
gov.br ANA VIRGINIA DE ALMEIDA LUNA
Data: 10/07/2024 21:20:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof/a. Dr/a. Ana Virginia de Almeida Luna Segundo/a Examinador/a - UEFS

RESULTADO: APROVADO

Av. Transnordestina, S/N – Novo Horizonte Feira de Santana – Bahia – Brasil

Home Page: <http://www.ppge.uefs.br/> / E-mail: ppge@uefs.br / Telefone: (75) 3161-8871

AGRADECIMENTOS

A perseverança, um caráter aprovado; e o caráter aprovado, esperança (Romanos 5:4).

A *performance*¹ deste trabalho só foi possível devido à ação de humanos e não humanos. Vale lembrar que tais *actantes*² surgiram para somar e multiplicar conhecimentos, numa rede de ligações, ocorrendo diversas afetações.³ Chegou a hora de agradecer!

A Deus, de forma imensurável pelo dom da vida, por sua infinita condescendência e por sempre permitir-me seguir em frente. Obrigado, Senhor!

A minha família, por todo apoio nas ações acadêmicas e na vida, a exemplo de meus pais Gervásio e Arlinda, meus irmãos, minha querida esposa, Deiziane Rios, filhos(as) e netos(as). Sabemos o quanto temos que nos dedicar ao propósito dos estudos científicos e da formação, e a família é intrinsecamente importante, principalmente nos períodos mais intensos. Amo vocês!

A minha querida orientadora, a Prof.^a Dra. Flávia Cristina de Macêdo Santana, que sempre esteve a meu lado de forma profícua indicando-me o melhor caminho. Não tenho palavras para agradecer por tudo o que fizeste por mim, reverberado em tantas dependências acadêmicas. Um apoio incondicional! Foram muitas oportunidades de crescimento que me proporcionaste, aliadas a uma amizade sólida. Em meio a dúvidas e incertezas, erros e acertos, bem como horas de estudos, vibrou comigo, sempre me apresentando em ambientes híbridos como seu parceiro no universo da Educação Matemática e do conhecimento em si, postulando cada conquista que obtivemos juntos.

À Universidade Estadual de Feira de Santana (Uefs), minha segunda casa, por todo apoio, com todos os seus colaboradores. Nunca escondi o amor por esta instituição de ensino superior. Estendo minha gratidão à Pró-Reitoria de Extensão (PROEX/Uefs), a Prof.^a Dra. Rita de Cássia Mascarenhas Brêda. Ao Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE/Uefs) pela competência, dedicação e atenção, em especial à Prof.^a Dra. Fabíola Villas Boas, coordenadora do curso e toda a equipe.

¹ “Agenciamentos entre atores humanos e não humanos e os movimentos decorrentes destes, os quais permitem atingir um determinado fim” (Venancio *et al.*, 2020, p. 1).

² “É tudo aquilo que gera ação e que produz movimento gerando diferença, podendo ser humano ou não humano” (Lemos, 2013, p. 44).

³ Afetação diz respeito ao estabelecimento de conexões de uma rede de elementos variados agindo, tornando-se mais interessantes e enriquecidos nas associações com seu entorno, do qual eles também são parte. Nesse modelo, existe um corpo, ou seja, um sujeito; existe um mundo, objetos de significado; existe um mediador, ou seja, uma linguagem que estabelece ligações entre o mundo e o sujeito (Latour, 2002, p. 4).

Ao Departamento de Educação (Dedu/Uefs), incluindo os excelentes professores de que tive o prazer de ser aluno, a exemplo dos Drs. Charles Motta, David Moisés e Jaqueline Grilo. Sou grato também a meus colegas do mestrado pelas conexões e amizades firmadas ao longo do curso. Um grande abraço para vocês!

Aos membros do Grupo Colaborativo em Matemática e Educação (GCMEduc/Uefs) por todo apoio e parceria, em especial a seus coordenadores: Dra. Flávia Santana e Ms. Wedeson Costa. Agradeço também aos parceiros e parceiras do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Matemática Nordeste (Nepemne) por todas as contribuições nos encontros, além das conquistas.

Ao grupo de estudos Bruno Latour na Terra do Axé pelas intensas associações, no percurso dessa trajetória. Aos integrantes do diverso grupo de pesquisa Educação, Ludicidade, Formação e Tecnologias (Elufotec), da Universidade do Estado da Bahia (Uneb), pelo acolhimento e troca de saberes em nome da líder Prof.^a Dra. Didima Andrade. À Prof.^a Ms. pela Universidade Estadual Paulista (Unesp) Gilcimária Félix pelo apoio inicial e pelo incentivo.

À banca examinadora, Prof. Dr. Tiago Pereira Salgado por tudo o que fez, principalmente em relação aos estudos da Teoria Ator-Rede (TAR), à Prof.^a Dra. Ana Virginia de Almeida Luna pelas importantes observações e sugestões, em especial no que tange à Modelagem Matemática. Vocês foram essenciais para o aprimoramento das ações em prol da escrita deste trabalho, com suas riquíssimas opiniões e demais contribuições desde a qualificação.

A Bruno Latour (*in memoriam*) em toda sua obra. Confesso que gostaria que ele pudesse ter lido esta dissertação, mas não deu tempo, pois o perdemos em 2022. Seu legado fica! Sei que ainda tenho um grande caminho a percorrer e, assim, continuar seguindo rastros, mas, como afirmou o próprio sociólogo, como uma formiguinha, sigo firme neste “guia de viagem”, que é o social na lente da Sociologia das Associações.

Em meio às incertezas, controvérsias⁴ e hiatos, retomo sempre o fluxo dessa rede mutável e não estagnada, farejando trilhas, entre o abstrato e o empírico. Não sei se estou falando “reto”, mas fazendo e fazendo fazer, em conexão com os demais *actantes*. De fato, sujeitos e objetos agiram e continuarão a agir, pois o emaranhado de ligações e afetações desta rede não pode parar! Muito obrigado a todos(as) que contribuíram para a realização deste sonho por meio da construção deste relatório de pesquisa.

⁴ O termo *controvérsia* pode ser definido como “uma disputa em que se alegam razões pró ou contra, em que se podem evidenciar movimentos cujo desdobramento será a consecução de um objetivo comum” (Nobre; Pedro, 2017, p. 7).

RESUMO

A presente pesquisa objetiva rastrear as controvérsias que envolvem a geração de energia solar fotovoltaica associada à Modelagem Matemática na *formação-continuada*. A partir disso, considera-se que a Modelagem Matemática, apesar de estar no cenário educacional há muitos anos, ainda é algo a ser discutido pela comunidade e agenciada em sala de aula, tomando-a como rede sociotécnica, com base em estudos da Teoria Ator-Rede (TAR). Assim, indaga-se: quais afetações ocorrerão com a geração da energia solar fotovoltaica? A pesquisa é empírica, de aspecto qualitativo, no paradigma pós-humano. Toma como referência o princípio da simetria generalizada, agnosticismo e associação livre propostos por Bruno Latour, por meio da observação. Busca, inicialmente, organizar uma revisão de literatura referente aos temas para, assim, tencionar uma *formação-continuada* para professores que ensinam matemática. O curso de extensão foi agenciado na Universidade Estadual de Feira de Santana (Uefs), no âmbito do Grupo Colaborativo em Matemática e Educação (GCMEduc) com duração de 30 horas, tematizando a energia solar. O instrumento coletor de informações foi o diário de observação. Os resultados esperados para esta investigação são a vinculação dos temas a uma *formação*, direcionados ao exercício de ações de aspecto interdisciplinar, por meio das relações e associações entre humanos e não humanos, agenciando a rede sociotécnica, levando-os à construção de conceitos e modelos matemáticos. Por fim, a análise dos dados compara os resultados com o referencial teórico estudado, tirando conclusões e efetivando contribuições e sugestões.

Palavras-chave: *Formação-continuada*; Modelagem Matemática; Rede sociotécnica.

ABSTRACT

The present research aims to track the controversies surrounding the generation of photovoltaic solar energy associated with Mathematical Modeling in continuing education. From this, it is considered that Mathematical Modeling, despite being in the educational scenario for many years, is still something to be discussed by the community and managed in the classroom, taking it as a socio-technical network, based on studies of Theory Actor-Network (TAR). Therefore, the question arises: what effects will occur with the generation of photovoltaic solar energy? The research is empirical, with a qualitative aspect, in the post-human paradigm. It takes as a reference the principle of generalized symmetry, agnosticism and free association proposed by Bruno Latour, through observation. It initially seeks to organize a literature review regarding the topics in order to plan continued training for teachers who teach mathematics. The extension course was organized within the scope of the Collaborative Group in Mathematics and Education at the State University of Feira de Santana (GCMEduc/Uefs) lasting 30 hours, focusing on solar energy. The information collection instrument was the observation diary. The expected results for this investigation are the linking of themes to training, aimed at the exercise of interdisciplinary actions, through relationships and associations between humans and non-humans, managing the socio-technical network, leading them to the construction of concepts and models mathematicians. Finally, data analysis compares the results with the theoretical framework studied, drawing conclusions and making contributions and suggestions.

Keywords: Teacher Training; Mathematical Modeling; Sociotechnical network.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Bruno Latour e algumas obras	32
Figura 2	Situação inicial e final na Modelagem	50
Figura 3	Representação das proposições básicas da TAR	60
Figura 4	Simetria na arte ceramista	63
Figura 5	Simetria radial na natureza	64
Figura 6	Simetria radial na natureza	64
Figura 7	Nova Configuração da Educação Matemática	66
Figura 8	Exemplo de representação da Teoria Ator-Rede	69
Figura 9	Grafo da Modelagem como rede sociotécnica	75
Figura 10	Grafo da Modelagem como rede sociotécnica na perspectiva contínua	76
Figura 11	Grafo da Modelagem como rede sociotécnica na perspectiva contínua	77
Figura 12	Instalação de painéis solares em residências	80
Figura 13	Instalação de telhas fotovoltaicas em residências	82
Figura 14	Afetações socioambientais de hidrelétricas na Amazônia	85
Figura 15	Taxa solar – Novas regras sobre a geração própria de energia	86
Figura 16	Participantes do Curso de Extensão em Modelagem e Energia Solar	100
Figura 17	Mapa materializando a rede na <i>formAção</i> em Modelagem no contexto da energia solar: concordâncias e discordâncias	103
Figura 18	<i>FormAção</i> de Grupos no curso de Modelagem	106
Figura 19	Reportagem sobre a energia solar	107
Figura 20	Modelo para a perda de eficiência de um painel solar por funções simultâneas	113
Figura 21	Gráfico do modelo de função simultânea: geração x tempo	114
Figura 22	Geração de um painel solar em kWh com inversor de 545 Wp	114
Figura 23	Cálculo do tempo de retorno com taxa mínima	115
Figura 24	Valores pagos por ano considerando a taxa mínima e a taxa do Sol	115
Figura 25	Modelo que representa a eficiência dos painéis solares	117
Figura 26	Representação gráfica da eficiência dos painéis solares utilizando o <i>GeoGebra</i>	118
Figura 27	Simulação do tempo para o retorno do investimento em um sistema de energia solar	118

Figura 28	Capacidade de geração em kWh do painel solar em diferentes tempos	119
Figura 29	Mapa do apagão no Brasil em 15 de agosto de 2023	123
Figura 30	Charge sobre apagão no Brasil em 2021	125
Figura 31	Sistema fotovoltaico <i>on-grid</i> (na rede)	125
Figura 32	Sistema fotovoltaico <i>off-grid</i> (fora da rede)	126
Figura 33	Grafo da Modelagem como rede sociotécnica: energia solar e associações no início do Curso de Extensão	129
Figura 34	Grafo da Modelagem como rede sociotécnica: energia solar fotovoltaica e associações no final do Curso de Extensão	130
Figura 35	Imagem do depoimento em vídeo do usuário Freitas (2024)	132
Figura 36	Histórico do consumo de energia elétrica do usuário Freitas: últimos 12 meses (2022 a 2023)	133
Figura 37	Fatura de energia elétrica do usuário Freitas (setembro de 2023)	133
Figura 38	Energia solar instalada em telhados de casas	171

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Frequência de usos de mídias digitais na prática docente	44
Gráfico 2	Energia Solar Fotovoltaica – Interesse ao longo do tempo	79
Gráfico 3	Energia Hidrelétrica – Interesse ao longo do tempo	80
Gráfico 4	Matriz Elétrica Brasileira 2021: participação por fonte (%)	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Casos de Modelagem segundo Barbosa (2001)	50
Quadro 2	Critérios de inclusão e exclusão para a seleção dos trabalhos	52
Quadro 3	Títulos mapeados no BOLEMA e PEM	53
Quadro 4	Categorias e descrição	53
Quadro 5	Tempo de uso e eficiência de um painel solar	116
Quadro 6	Simulação de valor do projeto e tempo de retorno do investimento	120

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Absolar	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
AC	Atividades Complementares
Aneel	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANT	Actor-Network Theory
BA	Bahia
BNC	Base Nacional Comum
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
Bolema	Boletim de Educação Matemática
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
Cepel	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
Chesf	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CMEB	Centro da Memória da Eletricidade no Brasil
CNE	Conselho Nacional de Educação
CNMEM	Conferência Nacional de Modelagem e Educação Matemática
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Cofins	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
Covid - 19	Coronavírus
CP	Conselho Pleno
Cresesb	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
Dedu	Departamento de Educação
EaD	Educação a Distância
EJA	Ensino de Jovens e Adultos
Elufotec	Educação, Ludicidade, Formação e Tecnologias
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ERE	Ensino Remoto Emergencial
Face	Faculdade de Ciências Educacionais
FCG	Faculdade de Ciências Educacionais Capim Grosso

G1	Portal de notícias da Rede Globo
GCMEduc	Grupo Colaborativo em Matemática e Educação
GEPME	Grupo de Estudos e Pesquisa em Matemática e Educação
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt-hora
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
Inem	Instrumentalização para o Ensino da Matemática
kWh	Quilowatt-hora
kWh/a	Quilowatt-hora por ano
kWp	Quilowatts de potência
kWp/a	Quilowatts de potência por ano
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
Macospol	<i>MApping COntroversies in Science and technology for POLitics</i>
MCE	Materiais Curriculares Educativos
MEC	Ministério da Educação
MME	Ministério de Minas e Energia
MW	Megawatt
Nepemne	Núcleo de Estudos e Pesquisa em Educação Matemática do Nordeste
NTE	Núcleo Territorial de Ensino
Obeduc	Observatório de Educação
OEM	Observatório de Educação Matemática
ONS	Operador Nacional do Sistema do Sistema Elétrico
ORSTOM	Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
PEM	Perspectivas da Educação Matemática
PIS	Programa de Integração Social
PLE	Período Letivo Extraordinário
PNE	Plano Municipal de Educação
PNE	Plano Nacional de Educação
PPGE	Programa de Pós-Graduação em Educação
PPGECID	Programa de Pós-Graduação em Educação Científica, Inclusão e Diversidade
PPGECM	Programa de Pós-Graduação em Ciências em Matemática

PPGEN	Programa de Pós-Graduação em Ensino
Proex	Pró-Reitoria de Extensão
Sbem	Sociedade Brasileira de Educação Matemática
Sec	Secretaria Estadual da Educação do Estado da Bahia
Semec	Secretaria Municipal de Educação, Cultura, Esporte e Lazer.
SIN	Sistema Interligado Nacional
TAR	Teoria Ator-Rede
TDR	Tecnologias Digitais em Rede
THA	Trajatória Hipotética de Aprendizagem
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TSEE	Tarifa Social de Energia Elétrica
Uefs	Universidade Estadual de Feira de Santana
UFPA	Universidade Federal do Pará
Undime	União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação
Uneb	Universidade do Estado da Bahia
Unicef	Fundo das Nações Unidas para a Infância
Unopar	Universidade Estadual do Norte do Paraná
Usp	Universidade de São Paulo
W/m ²	Watt por metro quadrado
Wp	Watts de potência

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Descrrevendo o percurso acadêmico e outras ações	20
1.1.1	Aproximação com os objetos de estudos	22
1.1.2	A opção pelos estudos da TAR	24
1.1.3	Discussões na literatura sobre a abordagem da Modelagem	24
1.2	A organização da dissertação	27
2	A TEORIA ATOR-REDE (TAR) E A MODELAGEM	31
2.1	Seguindo os rastros de Bruno Latour: breve relato	31
2.2	A Teoria Ator-Rede: um começo de conversa	32
2.3	A Modelagem: concepções, entendimentos e outras discussões.	34
2.4	Modelagem compreendida como rede sociotécnica	36
3	FORMAÇÃO-CONTINUADA ASSOCIADA À MODELAGEM MATEMÁTICA	38
3.1	Considerações iniciais e referências na <i>formAção-continuada</i>	38
3.2	A <i>formAção</i> em ambientes híbridos	41
3.3	<i>FormAção-continuada</i> na área de Educação Matemática, com ênfase em Modelagem.	45
4	MODELAGEM MATEMÁTICA, TEORIA ATOR-REDE E AS CONTRIBUIÇÕES PARA A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA.	47
4.1	Rastreado as associações entre os laboratórios e as práticas em Modelagem	48
4.2	Estudos recentes sobre Modelagem	52
4.2.1	Categorias e interpretações	53
4.2.1.1	Conceptualizações teóricas sobre Modelagem	54
4.2.1.2	Implicações da <i>formAção-continuada</i> de professores em trabalhos que envolvem Modelagem	58
4.3	Explorando outros estudos e compreensões sobre a TAR	59
4.4	Princípio da simetria generalizada na pesquisa científica, segundo Latour e Law.	62

4.5	As associações da Matemática com diferentes áreas do conhecimento e a Educação Matemática	66
4.6	Representações da TAR e estudos que se aproximam da Modelagem como rede sociotécnica	69
5	A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	79
5.1	A controversa produção de energia hidrelétrica	83
5.2	Controvérsias na instalação e geração de energia solar fotovoltaica	85
5.3	Apenas o Brasil foi taxado na energia solar?	87
6	MÉTODO	89
6.1	Produção dos dados da pesquisa	92
6.2	Análise dos dados	95
7	O LABORATÓRIO COMO ESPAÇO DA PRODUÇÃO DOS FATOS	97
7.1	Descrevendo a prática	99
7.1.1	A tarefa de Modelagem	105
7.2	Apresentação dos resultados dos participantes do curso	113
7.3	Discussão dos dados do curso	120
7.3.1	Discussões sobre os resultados do curso	127
7.3.2	Sobre a viabilidade da instalação do sistema fotovoltaico: ouvindo a voz de outros <i>actantes</i>	131
7.4	Abrindo a <i>caixa-preta</i>	134
8	DISCUSSÕES SOBRE OS DADOS DA PESQUISA	137
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	143
	REFERÊNCIAS	150
	APÊNDICE	171

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, relato⁵ minha trajetória pessoal e profissional, além da aproximação com os objetos de pesquisa, bem como as motivações que justificam a escolha do tema deste trabalho. Também faço um apanhado dos demais capítulos que serão apresentados. Com auxílio da literatura, descrevo conceitos e processos da *formação-continuada*, da Modelagem Matemática, da Teoria Ator-Rede (TAR) e da Energia Solar, incluindo pesquisas recentes que abordam esses temas, a lacuna que justifica esta investigação, os objetivos e a importância do trabalho.

1.1 Descrevendo o percurso acadêmico e outras ações

Estudei em escolas públicas em toda a Educação Básica, formando-me em Magistério. Iniciei a carreira como professor do campo no ano de 1996 em Pé de Serra, interior da Bahia, lecionando numa classe multisseriada com 5 turmas, contendo 36 estudantes. Naquela época, escolas com essa configuração eram comuns no município.

O transporte utilizado para meu deslocamento até o trabalho era uma bicicleta, pedalando 16 km diários em estrada de chão; quando chegava às ladeiras, o esforço era maior. O ensino acontecia num pequeno espaço, motivado por minha mãe, a qual também foi professora na zona rural, em sua residência na fazenda, dando aulas aos filhos dos agricultores e fazendeiros daquela região que estudavam no turno oposto da “lida”. Ela recebia por seus serviços pequenas gratificações (dinheiro, feijão, milho, farinha, algumas hortaliças, entre outros) oriundas dos pais dos estudantes, mas as condições de trabalho não eram apropriadas, as atividades eram desenvolvidas na sala da residência. Ela investiu uma grande parte do que ganhava na compra de materiais para o preparo e execução das aulas ou ainda para os estudantes, quando faltavam.

Esse processo de ensino “leigo” consistia na alfabetização dos estudantes na parte de leitura e escrita, bem como aulas de Matemática, envolvendo números e operações fundamentais. Havia a cobrança da tabuada, que era uma tabela usada para ensinar e aprender as operações básicas de multiplicação, e o uso da palmatória, utilizada como forma de castigo com os alunos que erravam a arguição. Tal motivação, além das condições de trabalho nos dois casos, fez-me refletir sobre a possível busca de diferentes estratégias de ensino.

⁵ Nesta primeira parte da pesquisa, utilizo a primeira pessoa do singular com o objetivo de relatar sobre minha trajetória pessoal. No decorrer do texto, utilizarei a primeira pessoa do plural.

Graduei-me em Licenciatura em Matemática pela Universidade Estadual de Feira de Santana (Uefs), especializando-me em Ensino de Matemática pela Faculdade de Ciências Educacionais (Face), fiz parte do quadro efetivo de docentes de Pé de Serra, Bahia. Lecionei em diversos níveis e segmentos de ensino, tais como: Anos Iniciais e Anos Finais do Ensino Fundamental, Ensino Médio, como professor substituto no Colégio Estadual Pedro Falconeri Rios e no Ensino Superior na Faculdade de Ciências Educacionais Capim Grosso (FCG). Atuei em turmas regulares e no Ensino de Jovens e Adultos (EJA), lecionando as disciplinas de Matemática, Geometria, História, Geografia, Ciências, Educação Física, Arte, Introdução à Economia e Cálculo.

Ocupei cargos de direção e vice-direção escolar, bem como o de Secretário Municipal de Educação, Cultura, Esporte e Lazer em Pé de Serra de 2018 a 2020 e o de Diretor da União Nacional dos Dirigentes Municipais de Educação (Undime), do Território de Identidade Bacia do Jacuípe de 2019 a 2021. Nesse percurso, participei de diversos cursos, capacitações, congressos, jornadas, bienais, fóruns, seminários, oficinas, aprimoramentos, encontros, feiras etc. Tais cargos me afetaram, a as relações se ampliaram, pois, outras possibilidades surgiram, a exemplo das ligações com o Núcleo Territorial de Ensino da Secretaria Estadual da Educação do Estado da Bahia (NTE/SEC) e do Ministério da Educação (MEC). As parcerias com outras secretarias municipais, a ponte entre outros municípios, bem como a sociedade civil organizada, as famílias dos estudantes, o comércio local, entre outros, também devem ser levadas em consideração como ampliação dessa rede.

Ao começar a graduação, com todas as dificuldades da época, a exemplo de trabalhar a 100 km da Uefs, com o objetivo maior de aperfeiçoar os conhecimentos, buscando *um* curso superior, melhorar o currículo e, assim, proporcionar uma educação mais intensa e segura para meus alunos, tive a oportunidade de conhecer ou rever métodos de ensino. Observei-os e vivenciei-os por meio de experiências de colegas de curso e de instituição, bem como professores daquela universidade, diversas situações da teoria-prática.

Na Secretaria de Educação, gerei ações para a comunidade escolar, contribuindo também com a Educação. Em parceria com instituições públicas e privadas, a Secretaria oportunizou a diversos profissionais formação, fortalecendo a equipe docente e cumprindo metas dos Planos Nacional e Municipal de Educação (PNE e PME). A mudança de Rede para Sistema Municipal de Ensino, a certificação do Selo do Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef) ao melhorarmos os indicadores da educação em 2020, também foram grandes conquistas para o município.

O ano de 2020 também foi desafiador, levando em conta a pandemia da Covid-19, em que o vírus Sars-Cov-2 “fez e fez fazer”, ou seja, a Secretaria de Educação, juntamente com toda a equipe e a sociedade implementou as aulas na modalidade remota e distribuiu atividades impressas, entregando-as em domicílio. Os professores, pais e estudantes tiveram que se adaptar ao contexto tecnológico, por meio de computadores, celulares, *tablets*, entre outros, e às medidas de prevenção, incluindo o isolamento social, o uso de álcool em gel, máscaras etc. Naquele período, os profissionais de saúde ainda não conheciam os detalhes da doença, e o lema era: “Prevenção!”.

1.1.1 Aproximação com os objetos de estudos

Ainda durante o Ensino Superior e, no decorrer do percurso acadêmico no curso de Licenciatura em Matemática da Uefs, tive a oportunidade de conhecer e trabalhar com a Modelagem Matemática⁶. Em 2005, participei da IV Conferência Nacional de Modelagem e Educação Matemática (CNMEM), evento do calendário da Sociedade Brasileira de Educação Matemática (Sbem), agenciado pela Uefs, tendo o primeiro contato com o tema. Isso se deu por meio de algumas palestras, bem como de mesas redondas que me afetaram e me fizeram buscar artefatos como artigos e livros que discutem o tema. Alguns anos depois, cursei estes componentes: Instrumentalização para o Ensino da Matemática (Inem) IV e VIII, ministrados pelos professores doutores Jonei Cerqueira Barbosa e Ana Virgínia de Almeida Luna. Eles tratavam do assunto, aproximando-me ainda mais da Modelagem, podendo mover tal abordagem à Educação Básica, na qual atuava, no município de Pé de Serra, obtendo resultados satisfatórios.

Em 2022, ingressei no mestrado acadêmico pelo Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE) da Uefs. Após longos anos distante, retornei ao universo acadêmico. Esse fato foi um divisor de águas em minha formação. Fui afetado de diferentes formas pelo componente, pelos artigos e livros selecionados para o estudo, pelas orientações dos professores, pelo convívio com os demais colegas de turma e sua diversidade cultural.

Em 2023, participei novamente da CNMEM, dessa feita em sua 12^a edição, agenciada pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em aliança com a Sbem. O evento foi performado num contexto pós-pandêmico, referente à Covid-19, mas no formato presencial. Diversas afetações foram evidenciadas nesse evento, a exemplo de incertezas no que tange ao deslocamento, observando a distância entre o Nordeste e o Sul do país, o frio e a chuva presentes

⁶ Referir-me-ei à Modelagem Matemática quando utilizar o termo *Modelagem* para evitar repetições na escrita.

naquela região. Desde a saída da residência de carro, movimentos híbridos, envolvendo um intrincado de conexões, foram estabelecidos a exemplo da chegada ao aeroporto Internacional Luís Eduardo Magalhães em Salvador, Bahia, o embarque no avião, a viagem até o estado de São Paulo (SP). O desembarque no aeroporto de São Paulo/Congonhas – Deputado Freitas Nobre se deu em função do aeroporto ter uma localização estratégica, capacidade e infraestrutura, Hub de companhias aéreas, importância econômica e que, ao mesmo tempo, permite conexões eficientes entre voos domésticos e internacionais, o que atrai passageiros que precisam de conexões para outros destinos. Além disso, a descida no aeroporto daquela capital, a troca de aeronave para seguir para o Rio Grande do Sul, o pouso em sua capital, a hospedagem, a recepção na universidade, foram ações continuadas que se repetiram no retorno.

Dessa forma, no evento em questão, diversas relações foram estabelecidas por meio das múltiplas vivências na Modelagem, na experiência docente, no envolvimento com a cultura local, nas pesquisas e na Educação Matemática de modo geral. A articulação e sinergia do Grupo de Trabalho (GT) na organização, produção e realização da CNMEN, considerando que o GT se preparou entre concordâncias e discordâncias durante dois anos do período pandêmico para tal fim pôde ser visualizado. A apresentação do trabalho aceito no evento, bem como as diversas contribuições foram válidas. A tentativa de alguns pesquisadores de compreender nossa proposta rendeu a relevante indagação: *como seria esse ambiente de formação em Modelagem no contexto tecnológico e educacional envolvendo a energia solar?* Vale ressaltar que as redes formadas no evento giram em torno da potencialização da interação e comunicação do coletivo naquele ambiente, ou seja, um agregado de humanos e não humanos.

Em relação ao mestrado, minha turma foi a primeira a ter aulas presenciais, após o ápice da pandemia. Vale reforçar que todas as medidas preventivas foram agenciadas pela instituição, sendo as aulas movidas pelos cuidados de higiene necessários, incluindo o uso de máscaras, álcool em gel, bem como humanos vacinados. Na pós-graduação em questão, as relações se intensificaram, principalmente ao passo que comecei a participar de grupos de pesquisa da Educação Matemática como estudante da Uefs, tais como: Grupo Colaborativo em Matemática e Educação (GCMEduc) e Núcleo de Estudos e Pesquisa em Educação Matemática Nordeste (Nepemne).

Surgiram, então, inquietações e possibilidades de reacender a chama dos estudos sobre Modelagem e associá-la ao tema *Energia Solar*, o qual foi muito cotado como possibilidade no contexto teórico-prático, pois se trata de um assunto “quente”. O mestrado também colocou em cena, como diferencial nos estudos, uma aproximação com a TAR, visualizando parcialmente uma costura com a Modelagem. Nos primeiros encontros com minha orientadora, as decisões

engendradas por um emaranhado de incertezas começaram a ser tomadas com relação ao objeto de estudo, que passou por diversas metamorfoses.

1.1.2 A opção pelos estudos da TAR

Ao optar pelos estudos da TAR, alinhavados por Bruno Latour, o propósito não foi o de “converter água em vinho” ou inverter a balança entre humanos e não humanos, mas sim por acreditar na proposta de uma visão pluralista fugitiva do dualismo cartesiano. Refere-se aos estudos de René Descartes (1596-1650), filósofo, cientista e matemático francês, considerado um dos fundadores da Filosofia moderna. Descartes assenta em posição dualista a questão ontológica da Filosofia: a relação entre o pensamento e o ser. Admitia duas substâncias: a do corpo, cujo atributo era a extensão, e a da alma cujo atributo era o pensamento. Assim, dois princípios independentes: um material e outro espiritual. A existência do corpo e da alma estava determinada por uma terceira substância: Deus. Ao dispor de um bom referencial teórico-metodológico, tenta-se tornar a Sociologia menos antropocêntrica ou “bifurcada”, nos termos de Latour (2012).

1.1.3 Discussões na literatura sobre a abordagem da Modelagem

Ao longo das últimas três décadas, quando se busca na literatura uma definição para o conceito de Modelagem, nota-se que não existe apenas uma (Hermínio; Borba, 2010). Além disso, diferentes perspectivas e concepções nesta tendência da Educação Matemática são observadas. A nível internacional, na literatura, encontramos o trabalho de Kaiser e Sriraman (2006, tradução nossa) que agrupa em sua revisão a Modelagem em cinco perspectivas, tais quais:

- 1) *Epistemológica ou teórica*, tendo objetivos orientados para a promoção do desenvolvimento de teorias matemáticas.
- 2) *Educacional*, baseada na estruturação e promoção de processos de aprendizagem, possuindo relação com situações pedagógicas, introduzindo e desenvolvendo conceitos e teorias matemáticas.
- 3) *Realística ou pragmático-utilitarista*, tendo como objetivo a resolução de problemas do mundo real, compreendendo-o e promovendo competências de Modelagem.
- 4) *Contextual*, firmada em estudos psicológicos relacionados à Matemática e o ensino de suas teorias.

- 5) *Sociocrítica*, tendo sua perspectiva apoiada por objetivos pedagógicos, como compreensão crítica da realidade.

No Brasil, Biembengut (2016, p. 169) agrupou tais perspectivas em três tendências distintas, a saber: *Alternativa pedagógica*, contemplando a contextual e a educacional; *Método ou estratégia*, englobando a realística e a epistemológica; *Ambiente de aprendizagem*, associada à sociocrítica. Segundo Monteiro (1991), muitos autores veem a Modelagem como um método da Matemática Aplicada e outros como estratégia pedagógica no ensino e aprendizagem da Matemática. Dessa forma, focam em construções de modelos que representam fenômenos naturais ou uma situação-problema. Outros utilizam a Modelagem com propósitos educacionais.

Em relação à espaços de educação, Civiero (2016) admite o espaço escolar contemplando interação entre professor e aluno como ambiente de aprendizagem. O ambiente da Modelagem é um deles. Para Luna (2012, p. 3), esse ambiente parte de uma perspectiva sociocrítica, envolvendo a “elaboração e análise dos diferentes vieses na produção e uso de modelos matemáticos destinados à resolução de situações-problema” cotidianas ou oriundas de outros domínios.

Realizamos um mapeamento dos estudos de Souza (2012), os quais, baseados nas pesquisas de Araújo (2007), revelaram que a Modelagem integra de forma implícita sustentações filosóficas. Assim, conforme Sousa (2012, p. 140), as situações-problema abordadas pela Modelagem, são situações suscetíveis de verificação pela experimentação e observação, propostas na forma de problemas, denominadas de situações-problema de natureza empírica.

Em termos de convergências e divergências sobre concepções de Modelagem na comunidade brasileira, por exemplo, conforme os estudos de Bueno (2011) analisando publicações de Biembengut (1990, 1997, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010), Barbosa (1999, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009) e Bean (1998, 2001, 2003, 2004, 2005, 2007, 2009) em relação à Matemática Aplicada e à Educação Matemática, ambas convergem. Segundo o autor, a concepção de Burak (1987, 1992, 1998, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010) nesses pontos diverge dos outros autores citados. Mais adiante, trataremos as concepções destes e de outros autores, no tocante à Modelagem, bem como outros entendimentos e ações. Ainda, segundo Bueno (2011), no tocante à obtenção do modelo matemático, bem como ao trabalho em grupo em ações na sala de aula as pesquisas de Biembengut (2010), Barbosa (2009), Burak (2010) e Bean (2009) convergem. Porém, apesar

da relevância dos estudos dos autores citados, incluindo os trabalhos de Caldeira (2009), Bassanezi (2011), entre outros, as ações inerentes à Modelagem têm o sujeito como foco. Assim, na literatura, em pesquisas publicadas até 2022, em se tratando de Modelagem, não há evidências de trabalhos que foquem na agência dos objetos (o que eles nos fazem fazer). Essa lacuna motivou-nos a buscar estudos que contemplassem tal visão.

As convergências entre os estudos revelam uma compreensão comum da importância da modelagem para conectar a Matemática com o mundo real e para o desenvolvimento de competências matemáticas. As divergências, por outro lado, mostram que há variações na abordagem e na aplicação da Modelagem, com Burak (2010) apresentando uma perspectiva que se distingue dos demais autores, possivelmente focando em aspectos mais específicos ou teóricos da Modelagem. Essas análises ajudam a compreender as diferentes perspectivas sobre a Modelagem e suas implicações para a Educação Matemática no Brasil, proporcionando uma visão mais abrangente das práticas e concepções na área.

A literatura traz uma definição inicial para o conceito de Modelagem. Conforme Scheffer e Campagnollo (1998, p. 360), é uma alternativa de ensino-aprendizagem na qual a Matemática trabalha parte do interesse dos alunos. O conteúdo desenvolvido tem origem no tema a ser problematizado, nas dificuldades cotidianas, nas situações de vida. Para os autores, a Modelagem valoriza o aluno no contexto social em que está inserido, proporcionando-lhe condições de criticidade, criatividade e capacidade de superar suas dificuldades. Segundo Souza (2012, p. 28), a Modelagem pode ser definida, de maneira geral, como a abordagem de problemas da realidade, utilizando conteúdos matemáticos escolares. Para a autora, na Modelagem a Matemática é utilizada para resolver problemas cotidianos e de outras áreas do conhecimento, por meio de conceitos, fórmulas e procedimentos matemáticos (Souza, 2012, p. 17).

Dessa forma, a Modelagem, antes vislumbrada como “ambiente de aprendizagem” na perspectiva de Barbosa (2009), começou a provocar afetações entre nós, ou seja, o desconcertante foco apenas no sujeito da ação (humano) era visível. Daí, pensou-se em algo mais voltado a ambientes híbridos e simétricos. Então, conjecturamos possibilidades de associações. Desse modo, no trato da Modelagem, propomos, com base em Latour (2012), Santana (2023) e na TAR, foco no *sujeito-objeto*. Portanto, esta pesquisa tem como objetivo geral: rastrear as controvérsias que envolvem a geração de energia solar fotovoltaica associada à Modelagem Matemática na *formação-continuada*. Para o propósito da presente pesquisa, os objetivos específicos consistem em:

- a) identificar e caracterizar as controvérsias na geração da energia solar fotovoltaica;
- b) evidenciar as particularidades da constituição da Modelagem Matemática como rede sociotécnica;
- c) compreender as interconexões entre redes diversas, com base nas associações entre humanos e não humanos na *formAção-continuada*;
- d) descrever, seguindo os rastros dos atores em ação (*actantes*), seus efeitos e suas conexões.

Em relação à Teoria Ator-Rede (TAR), conforme Alcadipani e Tureta (2009), trata-se de uma abordagem sociológica que busca compreender as interações entre atores humanos e não humanos (*actantes*) em diferentes contextos sociais. Segundo Latour (2005), tais atores são igualmente importantes na construção e manutenção das redes, ou seja, não apenas os seres humanos exercem influência, mas também objetos, tecnologia, instituições e até mesmo ideias e conceitos abstratos.

A Modelagem neste trabalho é tomada como rede sociotécnica (podemos dizer que o social em rede, encontra a técnica) neste estudo, baseados na TAR, em Latour (2012) e em Santana (2023), por meio de um conceito e ações coextensivas. Para ser mais preciso, rede sociotécnica é um conceito da TAR, criado em meados da década de 1980 pelos autores franceses Michel Callon e Bruno Latour. Ela representa um conjunto heterogêneo de atores (humanos e não humanos) relacionados e alinhados por meio de seus diferentes mecanismos de associação em volta de um quadro em comum, em colaboração.

Conforme Latour (1994), a rede sociotécnica se baseia principalmente na reunião de *actantes* num coletivo híbrido. Ela contempla não só ambientes de aprendizagem tradicionais, mas diversos ambientes híbridos e simétricos, considerando coletivos de humanos e não humanos, suas afetações e/ou associações, pois todos têm agência. Agência é a capacidade de ação dos atores (Latour, 2005).

O que nos afetou? Qual foi o ponto de partida? *A publicação da Lei n.º 14.300, de 6 de janeiro de 2022, os altos custos dos equipamentos e a mão de obra para a instalação da energia solar fotovoltaica. Vale a pena instalá-la?* Os estudos sobre *formAção-continuada* de professores, tema relevante, bem como o envolvimento da Modelagem nesse conjunto também estão inseridos neste relatório de pesquisa.

1.2 A organização da dissertação

Além da introdução, estruturamos este trabalho em mais oito capítulos. O segundo denomina-se “A Teoria Ator-Rede e a Modelagem”. Discorre sobre conceitos, concepções, perspectivas e entendimentos sobre os temas, alinhados a uma nova visão bem mais ampla sobre a Modelagem, tomada como rede sociotécnica, na relação *sujeito-objeto*. A proposta baseia-se em estudiosos da TAR, a exemplo de Latour (2012), num olhar simétrico, esquivando-se do foco apenas no sujeito da ação, considerando o coletivo de humanos e não humanos, suas conexões, principalmente nas tarefas de Modelagem na educação. No mesmo capítulo, apresentamos mais conceitos da TAR, bem como as associações com a Educação Matemática.

O terceiro capítulo chama-se “*FormAção-continuada*”⁷ associada à Modelagem Matemática”. O referencial teórico baseia-se no mapeamento da literatura; nele foram convocadas as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para a *FormAção* Inicial e Continuada em Nível Superior de Profissionais do Magistério, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) a qual define as ações dos Institutos Superiores de Educação para a educação continuada para diversos níveis, além do Plano Nacional de Educação (PNE), entre outros documentos e autores a exemplo de Gatti (2019).

Fazendo uma ponte entre este capítulo e os demais, consideramos que as bases para a implementação desta pesquisa, podem estar na *formAção-continuada*. Além disso, refletimos sobre essa a *formAção-continuada*, bem como o ensino Matemática, baseado na Modelagem. Abarcamos também nesse contexto os ambientes tecnológicos (híbridos), principalmente no período mais intenso da propagação da Covid-19, quando o Ensino Remoto Emergencial (ERE) se fez necessário e serviu de estratégia válida, beneficiando estudantes de todos os níveis. As instituições de ensino puderam, de modo especial, na modalidade remota, por meio do trabalho articulado, em ambientes tecnológicos, cumprir sua função social e, ao mesmo tempo, eliminar visões binárias entre sujeito e objeto, como propõe Bruno Latour.

O quarto capítulo, intitulado “Modelagem Matemática, Teoria Ator-Rede e as contribuições para a Educação Matemática” discute sobre a Modelagem e suas aplicações na Educação Matemática e os principais precursores dessa prática. São evidenciadas as possíveis associações entre os laboratórios e as práticas em Modelagem evidenciando estudos teórico-práticos, bem como um mapeamento de trabalhos recentes em Modelagem, considerando um marco temporal. Além disso, explora outros estudos e compreensões sobre a TAR, incluindo o “*Princípio da simetria generalizada*” na pesquisa científica, segundo Bruno Latour e John Law.

⁷ Utilizamos o hífen na expressão “formAção-continuada” para destacar o caráter de continuidade e indistinção entre actantes que compõem a rede (Santana, 2023).

As associações da Matemática com diferentes áreas do conhecimento, a Educação Matemática e representações da TAR, bem como estudos que se aproximam da Modelagem compreendida como rede sociotécnica.

O capítulo “Discussões sobre a energia solar fotovoltaica”, contempla informações do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito, do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cresesb/Cepel, 2014), grandes potências mundiais buscam formas de energia que diminuam a dependência de combustíveis fósseis e a “agressão” ao meio ambiente, com fontes mais limpas e eficientes, sendo a solar uma das mais fartas. O ano de 2020 foi marcado pela pandemia da Covid-19, a qual ocasionou afetações na economia mundial e nacional. No setor residencial, ocorreu um crescimento de 4,05% no consumo de energia elétrica, segundo o Balanço Energético Nacional do Ministério de Minas e Energia (2020). Também se trata das vantagens e desvantagens da utilização do sistema fotovoltaico para residências, envolvendo custos para a aquisição, mão de obra para a instalação, bem como consequências da Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022.

No capítulo “Método”, para verificar se já existiam trabalhos de relevância publicados sobre os temas da pesquisa, foi realizado um mapeamento da rede, ou seja, uma revisão sistemática de literatura. A escolha dos(as) autores e/ou especialistas bem como de cada produção foi feita de forma bem minuciosa, observando se eles dialogavam com este trabalho, no contexto do ensino-aprendizagem, da *formação-continuada*, da relação *sujeito-objeto*, da Modelagem e da Educação Matemática em si.

Embasados em Venturini (2010) e Latour (2015), articula-se a metodologia da cartografia de controvérsias permitindo-nos observar, representar e analisar visualmente seguindo os rastros da trama social (*actantes*) que envolve a geração da energia solar fotovoltaica na *formação-continuada* em Modelagem desenvolvida nesta pesquisa. Segundo Venturini (2010), a Cartografia das Controvérsias é a versão didática e metodológica da Teoria Ator-Rede, sendo um conjunto de técnicas para mapear, ou seja, explorar e visualizar polêmicas e controvérsias, na maioria das vezes relacionadas às questões técnico-científicas.

Neste capítulo, para os procedimentos de produção de dados da pesquisa consideramos algumas ações baseadas nos estudos de Nobre e Pedro (2010). Além disso, para a análise dos dados, mobilizamos os três princípios propostos por Latour (2019), ou seja, *agnosticismo*, *simetria generalizada* e *associação livre*. Assumindo a rede e sua metodologia de trabalho como sustentação, seguiremos as diretrizes metodológicas para descrever o curso de *formação-continuada* e suas vinculações no coletivo. Embasados no arcabouço teórico-metodológicos da

TAR, em Latour (2012, 2015) e em Santana (2021, 2023), indicamos os processos metodológicos utilizados para percorrer a rede sociotécnica.

No capítulo “Laboratório”, traremos os resultados de uma experiência prática, por meio da implementação em uma instituição de ensino superior pública baiana de um curso de extensão sobre Modelagem. Nele, foi desenvolvida uma tarefa⁸ com professores que ensinam Matemática e estudantes de graduação e pós-graduação, agenciados por um grupo colaborativo. Dessa forma, articulamos também os resultados do curso com a teoria estudada e a revisão de literatura empregada. Além disso, trazemos experiências de usuários do sistema fotovoltaico e uma análise técnica a respeito de sua instalação debatida na *formação-continuada*.

Na “Discussão dos dados”, discorreremos sobre os dados da pesquisa, trazendo as principais conclusões, abrigando comentários sobre o significado dos resultados, comparando com outros achados, delimitando a nossa posição crítica sobre os temas pesquisados. Assim, também debatemos as vinculações desse estudo com outras pesquisas, suas limitações, bem como explicações para resultados considerados surpreendentes.

Nas “Considerações finais”, o último capítulo, retomamos o tema da pesquisa, a consideração dos objetivos, apresentamos uma discussão mais concisa sobre os resultados, sugestões, contribuições e implicações para a *formação* e para a área de Educação Matemática. Apontamos também o que esse trabalho apresenta de novo para a comunidade.

No capítulo seguinte, discorreremos sobre a origem, os conceitos fundamentais, as características, entre outras informações sobre a TAR. Além disso, perspectivas, conceitos, argumentos e tendências sobre a Modelagem, bem como uma possível nova proposta de ampliação dos “horizontes” para a abordagem da Modelagem, embasados em Santana (2023), baseados em Latour (2012) e na TAR.

⁸ Tarefa é compreendida como um segmento de atividades da sala de aula dedicado ao desenvolvimento de uma ideia matemática particular (Stein; Smith, 2009, p. 1).

2 A TEORIA ATOR-REDE (TAR) E A MODELAGEM

A TAR, segundo Praude (2016), teve sua origem nos anos 1980 partindo de um campo de pesquisas chamado Estudos da Ciência e Tecnologia, que investigava a dinâmica de produção de conhecimento em laboratórios, utilizando artefatos tecnológicos em que humanos e não humanos, denominados *actantes*, eram analisados com o mesmo nível de importância. Conforme Latour (2012, p. 29), que deixa um valioso legado em obras, a origem da TAR: “foi a necessidade de uma nova teoria social ajustada aos estudos de ciência e tecnologia (Callon e Latour, 1981). Mas começou, na verdade, com três documentos (Latour, 1988b; Callon, 1986; Law, 1986b)”.

Foi nessa altura que os não humanos — micróbios, ostras, pedras e carneiros — apresentaram-se à teoria social de uma maneira nova (Latour, 2012). Esta caracteriza-se pela não-modernidade, ou seja, para o que está além da dicotomia homem-natureza. Nas próximas seções, seguiremos os rastros de Bruno Latour, um dos precursores da TAR, entendimentos sobre a TAR e a Modelagem, bem como outras discussões nesse contexto.

2.1 Seguindo os rastros de Bruno Latour: breve relato

Conforme a Enciclopédia de Antropologia da Universidade de São Paulo (USP), de Marini e Bailão (2023), Bruno Latour (1947-2022) foi um filósofo, sociólogo e antropólogo francês conhecido por seus estudos de ciência, tecnologia e sociedade; propôs uma “antropologia simétrica” da modernidade, de modo a aproximar metodologicamente etnografias realizadas em sociedades ditas tradicionais e aquelas empreendidas em locais de produção científica, como os laboratórios. Dessa forma, Latour esquiva-se de um processo meramente antropocêntrico, propondo uma descrição simétrica dos modos de ação associando seres humanos e não humanos na composição do mundo — o que o tornou um reconhecido pensador ecológico.

Segundo Marini e Bailão (2023), nascido em Beaune, na França, Latour estudou filosofia na Universidade de Dijon e obteve o título de doutor em teologia filosófica pela Universidade de Tours em 1975, com uma tese sobre exegese e ontologia em textos bíblicos. Entre 1973 e 1975, conheceu a antropologia durante um estágio de pesquisa na Costa do Marfim pelo ORSTOM – antigo órgão francês para o desenvolvimento científico e tecnológico nas colônias e ex-colônias. Latour foi professor do Centro de Sociologia da Inovação da *École des Mines*, em Paris (1982-2006) e da *Sciences Po* – Paris (2006-2017). Suas pesquisas foram realizadas em locais como: centros de inovação tecnológica; instituições governamentais;

campos de primatologia, no Quênia, e de pedologia, na Amazônia. A Figura 1 mostra algumas obras de Bruno Latour:

Figura 1 – Bruno Latour e algumas obras



Fonte: Editora Unesp (2024)

Ainda segundo Marini e Bailão (2023), Latour escreveu sobre o Antropoceno, as mudanças climáticas e as misturas de fatores não humanos e atividades humanas. Entre suas diversas obras, destacam-se as de cunho ensaístico e programático: *Ciência em ação* (1987), *Jamais fomos modernos* (1991), *Esperança de Pandora*, *Reagregando o Social* (2005) e *Investigação sobre os modos de existência* (2012), que reuniram seus achados empíricos e leituras de estudos etnográficos e historiográficos de outros autores.

Além de filósofo, antropólogo e sociólogo, Latour também foi epistemólogo, etnólogo e ecologista político. Ele faleceu em outubro de 2022 aos 75 anos, deixando um valioso legado em obras composto por mais de 20 livros. Na próxima seção, explicitamos o termo *actante* e a opção pelo nome *TAR* nesta pesquisa, trazendo outras denominações, entre outras informações.

2.2 A Teoria Ator-Rede: um começo de conversa

Apesar de optarmos pelo nome *TAR*, provavelmente pelo “incômodo” e/ou críticas direcionadas a ela, com argumentos a exemplo de falta de caráter e de potencial político-crítico e por ser um termo mais corrente, independentemente de ser uma teoria ou um aporte teórico-metodológico, alguns outros também são observados na literatura. *Sociologia da translação*, *sociologia das associações*, *associologia*, *sociologia da inovação* (Latour, 2006), *ontologia do actante-rizoma* (Latour, 1999; Marras, 2006), *ontologia das associações* (Schiølin, 2012), *antropologia simétrica* (Latour, 1994; Marras, 2006), *antropologia comparada*, *ontologia dos mediadores*, *relativismo relativista* (Latour, 1994), *semiótica da materialidade*, *materialidade*

relacional (Law, 1999), são alguns nomes (uns mais usados e outros utilizados de forma rara), outros são sinônimos. Boa parte dessas designações não é exclusiva dos autores citados.

A TAR também é conhecida como *sociologia da tradução* (Akrich; Callon; Latour, 2006), que tem como bases as traduções, que procuram expandir a rede de atores associados. Essas noções um tanto abstratas podem ter indicativos concretos, que podem ser representados graficamente. A TAR também é denominada por Lemos (2013) como *sociologia da mobilidade*. Segundo esse autor, ela agencia o movimento de ideias e ações nas redes sociotécnicas constituídas pelos *actantes* envolvidos. Bruno Latour critica irônica e fortemente o termo *Teoria Ator-Rede*, sendo “um nome que é tão incômodo, tão confuso e tão sem sentido que até merece ser mantido” (Latour, 2006, p. 9).

Em uma primeira ocorrência, a TAR é abreviada em inglês como ANT; em 2012, o autor observa que o acrônimo ANT, derivado de “Actor-Network Theory”, lembra a palavra “*ant*” (formiga, em inglês). Dessa forma, considerou a denominação bem apropriada e proporcional a seu projeto: uma formiga (*ant*) “farejadora, trabalhadora e gregária escrevendo para outras formigas” (Latour, 2012, p. 28). Além disso, “o estudioso da ANT tem de arrastar-se como uma formiga, carregando seu pesado equipamento para estabelecer até o mais insignificante dos vínculos” (Latour, 2012, p. 47). Para reforçar, Cerreto e Domenico (2016), em concordância com Latour (2012), também abordam os conceitos fundamentais e outras contribuições da TAR:

Com raízes nos Estudos da Ciência e Tecnologia (Alcadipani e Hassard, 2009), a Teoria Ator-Rede foi desenvolvida por um grupo de sociólogos associados ao Centro de Sociologia de Inovação, em Paris, cujos pesquisadores principais são Bruno Latour, Michel Callon e John Law (Nikolova, 2010), todos contemporâneos. A forma como os adeptos da ANT entendem a sociedade e o social é significativamente distinta das abordagens tradicionais da Sociologia, configurando uma nova Sociologia. Para diferenciá-las, Latour (2005) as denomina “Sociologia do Social” e “Sociologia das Associações”, respectivamente (Cerreto; Domenico, 2016, p. 7).

A proposta que Latour (2012) menciona é a transição de uma “Sociologia do Social” para uma “Sociologia das Associações”. Com essa noção, Latour (2012) propõe uma ideia diferente de se entender o que seria o social, não segmentado, ou seja, registrando diferenças, absorvendo multiplicidade, reformulando-se a cada novo caso. Isso ocorre por meio do movimento e combinações entre elementos não uniformes em uma rede de ligações. Portanto, a associação entre humanos e não humanos objetiva compreender o que ocorre em nosso meio, o que se resume nas relações entre pessoas e a realidade vivida por elas, envolvendo também os demais *actantes* não humanos. Todos fazem parte dessa rede em constante mutação e/ou “performance”.

Originário do estudo da semiótica greimasiana, que se desenvolve no círculo linguístico de Praga, utilizado pelo francês Lucien Valérius Tesnière (1893-1954), o termo *actante* denomina “aquele que realiza ou que sofre o ato, independentemente de qualquer outra determinação” (Greimas; Courtés, 1979, p. 12). O *actante* “é o mediador, ou seja, aquele que transforma, traduz, distorce e modifica o significado que ele supostamente transporta” (Latour, 2012, p. 65). De acordo com Lemos (2013, p. 44), “cada actante é sempre resultado de outras mediações e cada nova associação age também como um *actante*”. A rede é ator, e o ator também é rede. Dessa forma, a rede também é um *actante*, e usa-se o hífen para evitar a redução. Isso explica, por exemplo, a expressão *formação-continuada*, usada no presente relatório. Conforme Salgado (2019, p. 23),

a TAR, principalmente por meio dos trabalhos de Bruno Latour, baseia-se nas formulações de Gilles Deleuze, Félix Guattari e Gabriel Tarde para pensar os agenciamentos sociotécnicos que produzem atores-rede, os quais, por sua vez, agem no sentido de estabelecer tais agenciamentos. Nesse sentido, importa o agenciamento daquilo que faz agir. A ação enreda múltiplos atores e múltiplas ações, sendo, portanto, uma rede de ações e de atores, ou melhor, ator-rede.

Dessa forma, os conhecimentos latourológicos (de Bruno Latour) deixam a seguinte provocação: “O que fazem os *actantes* e o que nos fazem fazer?” (Latour, 2012). A expressão francesa “*faire faire*” (fazer fare) representaria um certo tipo de repetição “durante o qual se perde a origem exata da ação”. “Se você ‘faz fazer’ os deveres de férias de seus filhos significa que você não os faz você mesmo e que eles não o fariam sem você” (Latour, 2019, p. 135).

2.3 A Modelagem: concepções, entendimentos e outras discussões.

Ao longo das últimas três décadas, na Educação Matemática, pesquisas tomaram a Modelagem Matemática como objeto de investigação e evidenciaram diferentes perspectivas, conceitos, argumentos e tendências no âmbito nacional e internacional (Barbosa, 2001, 2003, 2004; Bassanezi, 2011; Biembengut, 2014; Borba; Canedo Junior, 2020; Burak; Zontini, 2020; Caldeira, 2009; Omodei; Almeida, 2023; Silva; Borssoi; Dalto, 2021; Souza; Barbosa, 2019). Então, o que seria essa Modelagem?

Na concepção de Barbosa (2001, 2003, 2004), a “modelagem é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade”. Para o autor, numa visão sociocrítica, a Modelagem oportuniza os alunos a indagarem diferentes situações por meio da Matemática, sem fixar procedimentos de forma prévia.

Para Herminio e Borba (2010), sobre Modelagem, na literatura, não há uma única definição para este conceito, ou seja, diferentes concepções dessa tendência na Educação Matemática são observadas, sem que haja um consenso com referência a sua definição. Assim, concepções semelhantes “podem ser agrupadas de acordo com suas características” (Herminio; Borba, 2010, p. 1).

Caldeira (2009, p. 3) argumenta que a Modelagem pode ser compreendida como uma Concepção de Educação Matemática, organizando-se em “um sistema de aprendizagem”. Na visão do autor, a eficácia da Modelagem nessa concepção pode “oferecer aos professores e alunos um sistema de aprendizagem como uma nova forma de entendimento das questões educacionais da Matemática” (Caldeira, 2009, p. 3).

Bean (2009, p. 91) afirma que “a Modelagem é uma atividade humana na qual uma parte da realidade está conceitualizada, de forma criativa, com algum objeto em mente”. Para o autor, “o cerne da Modelagem reside no recorte e na formulação de um isolado, ou seja, na conceitualização de um fenômeno com fundamento em premissas e pressupostos que remetem tanto ao fenômeno quanto aos objetivos do modelador”.

De acordo com Bassanezi (2011, p. 24), a Modelagem é uma nova forma de encarar a Matemática e “consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real”. A linguagem e o conteúdo matemático devem estar alinhados à construção de modelos, ou seja, “equilibrados e circunscritos tanto ao tipo de problema quanto ao objeto que se propõe alcançar” (Bassanezi, 2011, p. 25).

Para Biembengut (2014, p. 21), Modelagem é o “processo envolvido na elaboração de modelo de qualquer área do conhecimento. Trata-se de um processo de pesquisa”. Em relação à Educação, a autora a classifica como método de ensino com pesquisa de “Modelação Matemática” (Biembengut, 2014, p. 30).

Conforme Souza e Barbosa (2019, p. 2),

Modelagem matemática em âmbito educacional pode ser entendida como uma prática pedagógica em que os alunos são convidados a investigar, problematizar e compreender situações-problema do dia a dia, das ciências e do mundo do trabalho, utilizando conceitos e procedimentos matemáticos escolares.

Borba e Canedo Junior (2020, p. 6) compreendem a Modelagem como “um processo de produção de conhecimentos que envolve um coletivo pensante de seres-humanos-com-mídias. Esse processo consiste em abordar, com a Matemática, um tema de outro domínio do saber, ou do dia a dia”.

Os estudos de Burak e Zontini (2020, p. 11) expressam seu entendimento sobre Modelagem “em uma perspectiva da Educação Matemática, que se pauta pela Matemática e pelos fundamentos das Ciências Sociais e Humanas, de característica interdisciplinar cujo objetivo é possibilitar um ensino de Matemática com vistas à aprendizagem”. Para Silva, Borssoi e Dalto (2021, p. 2), em concordância com Blum, Borromeo e Ferri (2016), a Modelagem é “uma possibilidade para ensinar Matemática por meio de uma situação problemática que pode estar inserida no dia a dia dos alunos”. Segundo Omodei e Almeida (2023, p. 2), em consonância com Almeida e Brito (2005), “a Modelagem matemática na sala de aula refere-se a uma alternativa pedagógica em que, em uma situação da realidade, é identificado um problema cuja resolução é mediada pela Matemática”.

Tomando como ponto de partida as diferentes concepções sobre Modelagem, a visão de Modelagem como ambiente de aprendizagem, alternativa pedagógica e obtenção de um modelo por exemplo, consideram apenas as relações professor-aluno, aluno-professor e aluno-aluno (foco no sujeito) principalmente em uma tarefa de Modelagem. Na seção seguinte, trataremos uma possível nova ideia de como a Modelagem pode ser compreendida, baseados na TAR.

2.4 Modelagem compreendida como rede sociotécnica

Vislumbrando a TAR no âmbito da Educação Matemática, esta pesquisa integra um desafio: tentar construir ou desenvolver um novo conceito, um novo olhar para a Modelagem, articulada à perspectiva “latouriana”, ou seja, tomando-a completamente como uma rede sociotécnica. D’Ambrósio (2018, p. 191) enfatiza a importância de reconhecermos construções abstratas em todas as civilizações do mundo e seus sistemas de conhecimento em permanente mudança ao estudar a história da Matemática.

Conforme Michel Callon, em entrevista a Antonio Arellano Hernández (2007, p. 7), mesmo sendo usado por muito tempo, houve uma confusão no trato do termo *rede sociotécnica*, ou seja, ele era confundido com o de redes sociais. Estas são configuradas por pontos e relações identificáveis, diferentemente das redes sociotécnicas, as quais pretendem conhecer as traduções e as coisas que se deslocam entre os pontos.

Na citada entrevista a Antonio Arellano Hernández, Callon (2007, p. 7) afirma que a implicação importante se situa em: “saber o que é transportado entre os pontos, conhecer como são e de que maneira ocorrem os deslocamentos, o que está circulando”. “Deve-se apreciar o que está em causa, o que se está fabricando como identidade, a natureza do que se desloca, etc.”

e “a focalização teórica e a metodologia interessada no que circula permite conhecer de que matéria o social está feito e seguir sua dinâmica (Callon, 2007, p. 7).

Assim, a rede sociotécnica, segundo os estudos de Cardoso e Santaella (2021, p. 168), com base em Callon e Latour (Callon, 1989, 2006; Callon; Latour, 1991; Latour, 2000), trata-se de “um conjunto de atores heterogêneos, humanos e não humanos, associados no processo de concepção, produção e difusão de conhecimentos, dando origem a definições tecnológicas obtidas no processo de solução de controvérsias”.

Segundo Marrone Junior (2021, p. 79), controvérsias são “ocasiões de desacordo entre *actantes* atuando em direções opostas em seus questionamentos; em outras palavras, controvérsias são situações em que os atores concordam que discordam.” Em termos de associações da TAR com a Educação Matemática, conforme Santana (2023, p. 5), “na perspectiva pós-humana, a Modelagem Matemática pode ser entendida como produto de associações entre humanos e não humanos, no coletivo e no processo descritivo das situações investigadas com referência na realidade, por meio da Matemática e outros domínios (Direito, Economia, Biologia, Química...)”. Para a autora, ações como problematizar, investigar, buscar, selecionar, organizar, manipular, modelar, refletir, compartilhar, socializar e sistematizar nos permitem seguir o fluxo de uma rede mutável como as relações humanas.

Nessa perspectiva, vale não pré-estabelecer ou determinar regras, fases ou tipos. É preciso trabalhá-la e desdobrá-la com base na TAR, considerando escutas, resistências e controvérsias. Portanto, baseados em Santana (2023), embasados em Latour (2012) e na TAR, compreendemos a Modelagem como rede sociotécnica, ou seja, a partir de combinações ou associações entre humanos e não humanos. Eles afetam-se de modo mútuo em ambientes de ensino-aprendizagem híbridos e simétricos, interagem matematicamente com outras ciências, oportunizam investigações teóricas-práticas, constroem modelos e tecem redes.

A Modelagem, com essa configuração, consideraria um conjunto heterogêneo de atores (humanos e não humanos) matemática e socialmente alinhados em volta de um quadro de interesse comum. O próximo capítulo aborda a *formação-continuada*, bem como as associações com a Modelagem, sendo uma temática ainda muito debatida na literatura.

3 *FORMAÇÃO-CONTINUADA ASSOCIADA À MODELAGEM MATEMÁTICA*

O processo de *formação-continuada* tem direcionado estudiosos neste tema a darem diversas contribuições, a exemplo de: Gatti (2019), Hooks (2017), Mello (2017), Nóvoa (1995) e Imbernón (2010). Esse processo precisa sempre ser repensado, devido às constantes exigências, com relação ao novo perfil do profissional docente. Tais estudiosos tendem à preocupação central de contribuir para que se possa refletir, por meio de subsídios teórico-metodológicos, sobre o ato de ensinar e a *formação-continuada*.

O ato de ensinar está além de, simplesmente, “passar conteúdos”, exemplos, exercícios, entre outras ações do componente que o professor ministra. A seriedade do tratamento de tais temas em discussões acadêmicas, entre estudiosos ou entre pesquisadores, por si só, já ilustra o caráter problematizador de pensar as competências docentes, principalmente no plano da *formação-continuada*. Esta é discutida ao longo das últimas três décadas, não deixando de ser um grande desafio na atualidade, pois os problemas de implementação são ainda diversos, devido a vários fatores, a exemplo da dicotomia entre teoria e prática.

3.1 *Considerações iniciais e referências na formação-continuada*

A *formação-continuada* é algo de suma importância e deve ser considerada como prioridade, principalmente pelos governos em qualquer esfera. Para Nóvoa (1995, p. 20), “os professores são encarados, sucessivamente, como objetos da investigação, como sujeitos da *formação* e como atores da *investigação-formação*”. Gatti (2019, p. 177-178) faz considerações no tocante à *formação-continuada*:

Já no âmbito da formação continuada, há que se considerar a descontinuidade de programas e a ausência de oferta de formação continuada que levem em conta as etapas da vida profissional dos docentes, de políticas que formem e fortaleçam, em conjunto, o corpo docente e a equipe gestora (diretores e coordenadores pedagógicos). Pouca atenção tem sido dada à formação dos formadores de professores e à necessidade de construção de um projeto de formação que defina princípios, estruture atividades e proponha formas de avaliação tendo em vista o perfil do profissional que se pretende formar.

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para a *Formação Inicial e Continuada* em Nível Superior de Profissionais do Magistério para a Educação Básica (Brasil, 2015, p. 4) mostram a preocupação com uma educação de qualidade social e destacam o regime de colaboração como grande aliado na *formação* para a Educação Básica e na valorização profissional:

A formação docente inicial e continuada para a educação básica constitui processo dinâmico e complexo, direcionado à melhoria permanente da qualidade social da educação e à valorização profissional, devendo ser assumida em regime de colaboração pelos entes federados nos respectivos sistemas de ensino e desenvolvida pelas instituições de educação credenciadas.

A Resolução CNE/CP n.º 1, de 27 de outubro de 2020, dispõe sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais para a *formação-Continuada* de Professores da Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a *Formação-Continuada* de Professores da Educação Básica (*BNC-Formação-Continuada*).

O § 1º do art. 62 da LDB define que “a União, o Distrito Federal, os Estados e os Municípios, em regime de colaboração, deverão promover a formação inicial, a continuada e a capacitação dos profissionais de magistério” (Brasil, 1996). O inciso III do art. 63 da LDB indica que “os Institutos Superiores de Educação manterão [...] programas de educação continuada para os profissionais de educação dos diversos níveis” (Brasil, 1996).

A Meta 15 do Plano Nacional de Educação (PNE) foi aprovada pela Lei n.º 13.005, de 25 de junho de 2014, a qual indica:

Garantir, em regime de colaboração entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, no prazo de 1 (um) ano de vigência deste PNE, política nacional de formação dos profissionais da educação de que tratam os incisos I, II e III do caput do art. 61 da Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996, assegurado que todos os professores e as professoras da educação básica possuam formação específica de nível superior, obtida em curso de licenciatura na área de conhecimento em que atuam (Brasil, 2015, p. 78).

A Meta 16 do PNE também define que, nos termos do art. 7º dessa Lei, “a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios atuarão em regime de colaboração” para

formar, em nível de pós-graduação, 50% (cinquenta por cento) dos professores da Educação Básica, até o último ano de vigência deste PNE, e garantir a todos (as) os (as) profissionais da Educação Básica, *formação-continuada* em sua área de atuação, considerando as necessidades, demandas e contextualizações dos sistemas de ensino (Brasil, 2015, p. 80).

O capítulo II trata da Política da Formação-Continuada de Professores da Educação Básica, a qual

é entendida como componente essencial da sua profissionalização, na condição de agentes formativos de conhecimentos e culturas, bem como orientadores de seus educandos nas trilhas da aprendizagem, para a constituição de competências, visando o complexo desempenho da sua prática social e da qualificação para o trabalho.

Porém, devemos considerar que, apesar dos avanços na área de Educação ao longo dos anos, ainda existem algumas situações que não são tão confortáveis, no contexto da *formação* docente. Mello (2017, p. 100) relata que

o problema é ainda maior quando se considera que os sistemas públicos de educação básica, estaduais e municipais, gastam volumes consideráveis de recursos em capacitação de professores, dinheiro anualmente pago às mesmas instituições de ensino superior privadas e públicas para refazerem um trabalho que não foi bem-feito durante a formação inicial dos professores.

As alterações na forma de pensar a *formação* docente não necessariamente significam que mudanças nos cursos de *formação*, principalmente nas licenciaturas, serão tão rápidas e eficientes. Segundo Imbernón (2010), a reflexão no tocante a aspectos voltados à teoria e prática formadora ao longo dos anos deve ser considerada na mudança de olhar para o ensino e a *formação* docente. Nas palavras do autor,

é necessário começar a refletir sobre o que nos mostra a evidência da teoria e da prática formadora dos últimos anos e não nos deixarmos levar pela tradição formadora, para assim tentar mudar e construir uma nova forma de ver o ensino e a formação docente, a fim de transformar a educação e contribuir para uma sociedade mais justa (Imbernón, 2010, p. 31).

Os “hiatos” na *formação* superior e, de modo especial, nas licenciaturas revelam a necessidade de reestruturação, tais como a adição de alternativas metodológicas ao ensino de Matemática e o crescimento da carga horária prática com essas possibilidades metodológicas. Os hiatos seriam como pequenas interrupções, mostrando descontinuidade, o que impede uma representação (Latour, 2012).

Refletimos também sobre a questão da *formação* de professores no Ensino Superior, com destaque aos da área de Matemática, e sobre a importância de tais profissionais se qualificarem. Segundo Biembengut (2009, p. 18), ao se referir à didática impressa no futuro professor, existe uma grande dificuldade por grande parte dos docentes da educação superior, com base na forma de abordar o assunto matemático, visando à realidade deste na sala de aula de atuação, posteriormente:

A maioria dos professores da Educação Superior raramente relaciona o assunto matemático acadêmico ao que o futuro professor deve enfrentar; apresenta aplicações, ou ainda integra conhecimentos, como forma de apresentar a ele a interdisciplinaridade; desconhece o meio em que esses futuros professores vão atuar, a fim de gerar propostas curriculares e metodológicas pertinentes à diversidade cultural e aos saberes existentes; não proporciona pesquisa e quando supõe propor, esta pesquisa é entendida como levantamento de alguma informação. E mais, defende o currículo e o método utilizados, apesar das possíveis consequências posteriores.

Portanto, no tocante à continuidade dos estudos dos profissionais da Educação, em destaque os docentes, de modo especial aqueles que ensinam matemática, todos os esforços deverão ser em prol da educação, e o principal motivo é buscar o melhor para o estudante. Na próxima seção, trataremos sobre ambientes híbridos, no contexto da *formação* e da TAR.

3.2 A *formAção* em ambientes híbridos

A pandemia da Covid-19 e todas as implicações decorrentes dela, com destaque para o distanciamento social, provocaram em todo o planeta uma grande necessidade de readaptação ou reinvenção por parte de diversos profissionais, incluindo os da educação. Segundo Campos e Lopes e Pacheco (2022, p. 2), “termos matemáticos, representações gráficas e simulações” foram utilizados pela mídia para explicar a propagação do vírus e a necessidade de algumas ações, a exemplo da quarentena e do isolamento social.

A despeito desses fatos, direcionamos o olhar à implementação do Ensino Remoto Emergencial (ERM) regularizado pela Portaria MEC n.º 345/2020 e pela Lei n.º 14.040/2020 para fins de substituição das aulas presenciais por aulas em meios digitais. Tal ensino surge como alternativa para que as instituições de ensino continuem cumprindo sua função social, mesmo que de forma especial. Nesse contexto, inclui-se a *formAção* docente e prática em ambientes mediados pelas tecnologias em rede.

Para Ferrasa (2007), a *formAção* docente está além do simples espaço-tempo vivido na graduação e é tecida partindo das várias possibilidades de produção e de recriação de conhecimentos, de modo objetivo, subjetivo e social, interligados em uma rede sociotécnica. Vale ressaltar que rede, na TAR, segundo a perspectiva de Bruno Latour (2012), trata-se de um conjunto de relações dinâmicas que ocorrem entre *actantes* que transformam um ao outro de forma contínua. São as ações que definem as redes, não um conjunto de relações estáveis ou padrões que podem ser facilmente identificados em uma estrutura (Praude, 2016).

Numa pesquisa recente, Santana (2021, p. 4), realizando uma *formAção* em Modelagem na modalidade remota, em decorrência da pandemia de Covid-19, explicita seu entendimento sobre rede, com base em Latour (2019):

entendemos rede como uma série de associações entre *actantes* que agem e levam outros à ação, permitindo ver as discontinuidades (associações e desassociações) necessárias para gerar uma ação contínua. Podemos tomar como exemplo os estudos de Luna e Barbosa (2015), Cyrino et al. (2014) e Nacarato (2016), que, apesar de não desenvolverem uma investigação na perspectiva de constituição da rede, dão-nos indícios de que foi instituída uma série de associações entre universidade, escola, formadores, professores, e-mails, planejamento, tarefa, ideias matemáticas, que agem e deixam marcas nas formações.

Para a autora, os *actantes* não agem por si só, mas fazem com que, por meio de associações entre todos os envolvidos no processo, outros ajam. Assim, a rede se constitui, modifica-se a todo momento, forma uma nova rede a cada associação e desassociação, desencadeia uma ação contínua. As *formAções* proporcionam essa configuração, no tocante à rede, envolvendo um coletivo de humanos e não humanos. As entidades, ou atores dessa rede

proposta por Latour (2012), por sua vez, não são tidas como discretas e contidas em si próprias, mas como atores-redes. Lemos (2013, p. 23), com base nos pressupostos da TAR, diz que “o ator-rede, um dos principais conceitos da TAR, não é o indivíduo e a rede não é a sociedade, o ator é a rede e a rede é um ator, ambos são mediadores em uma associação”.

Em um artigo de Michel Callon (1986, p. 32), a noção de ator-rede é introduzida: “[uma rede ator-rede] é distinta de uma simples rede porque seus elementos são, ao mesmo tempo, heterogêneos e mutuamente definidos no decorrer de suas associações”. Portanto, o ator da expressão “ator-rede” é o *actante*. “Ele não age sozinho, pois é fruto de redes e faz parte de outras redes” (Lemos, 2013, p. 23). Em uma *formação on-line*, por exemplo o computador, o celular ou o *tablet* permanecendo desligados não têm agência, ou seja, não promovem ação. Dar o comando “ligar” nesses aparelhos é uma ação que antecede a de “logar” em uma rede social *on-line* e, assim iniciar o curso, ou seja, a *actância*⁹ acontece. As ações comunicacionais *on-line* se disseminam em redes. No tocante à reversibilidade da TAR, a confluência na palavra “rede” tem a ver com o hífen que conecta ator e rede. Conforme Latour, (2010, p. 5),

tentar seguir um ator-rede é um pouco como definir a onda-partícula nos anos 1930: qualquer entidade pode ser apreendida tanto como ator (partícula) ou como rede (onda). É nessa completa reversibilidade – um ator nada mais é do que uma rede, exceto que uma rede nada mais é que um conjunto de atores – que se encontra a principal originalidade desta teoria (Latour, 2010, p. 5).

Dessa forma, segundo Venturini, Munk e Jacomy (2018, p. 11), o hífen não tem a intenção de conectar duas metades da expressão (ator e rede), mas ele pretende negar as duas (nem ator, nem rede). Para os autores, no mundo ator-rede, não há atores (entidades definidas por propriedades independentes das relações que os conectam) e não há redes (estruturas definidas por padrões independentes dos elementos que eles conectam). Portanto, para Latour (2012, p. 192), “rede é uma expressão que serve para avaliar quanta energia, movimento e especificidade nossos próprios relatos conseguem incluir. Rede é conceito, não coisa. É uma ferramenta que nos ajuda a descrever algo, não algo que esteja sendo descrito”.

Na visão de Oliveira e Porto (2016), é necessário que haja uma reflexão ontológica sobre a construção das relações sociais principalmente em ambientes educativos ou de aprendizagem; tais relações só são possibilitadas devido à mediação dos sujeitos com os objetos e do homem com a técnica. Lemos (2010, p. 48) define mediação como um diálogo entre atores de uma rede:

⁹ A noção de “*actância*” é recuperada por Latour (2015) da perspectiva ética e religiosa de Baruch de Espinoza (1632-1677) – filósofo contemporâneo de René Descartes (1596-1650) e de Leibniz (1646-1716). A “*actância*” é a capacidade de agir ou potência de ação de atores (Salgado, 2018, p. 99).

é um conceito que remete para a comunicação e transformações dos actantes, bem como a constituição de redes. É toda ação que um actante faz ao outro, implicando aí estratégias e interesses próprios, na busca da estabilização futura da real ou, da resolução da estratégia ou do objetivo.

Conforme Oliveira e Porto (2016), a escola pode ser pensada como um dispositivo, ou um intrincado artefato destinado a produzir algo, e não é muito difícil perceber que essa aparelhagem vai se tornando incompatível com os corpos e as subjetividades dos estudantes. Dessa forma, considera-se a nova dinâmica do uso da tecnologia da informação e da comunicação na sociedade (Sibilia, 2012, p. 35).

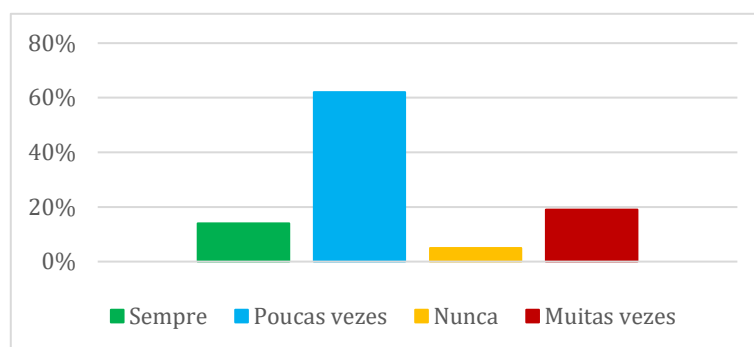
Andrade, Rosa e Cruz (2021), em seu livro *Relatos de Experiências Docentes em tempos de Pandemia*, enfatizam que a adoção massiva de formas de interação por mediação telemática tem implicações óbvias na *formação* autônoma dos sujeitos. Além disso, conforme as autoras, os espaços de construção e difusão do conhecimento são uma realidade que deve ser considerada na *formação*, em relação às dinâmicas de avaliação, planejamento e operacionalização. Dessa forma, princípios e caminhos metodológicos que qualifiquem as Tecnologias Digitais em Rede (TDR), envolvendo diferentes metodologias de mediação tecnológica, devem ser construídos ou trilhados, articulando teoria e prática.

Andrade, Rosa e Cruz (2021) desenvolveram um projeto formativo para o Ensino Superior na Universidade do Estado da Bahia (Uneb) em 2020, com base em módulos, em atividades síncronas e assíncronas, no ambiente institucional da Plataforma *Microsoft Teams*. Essa ferramenta, por meio de recursos de comunicação, realiza reuniões e compartilhamento de arquivos de uma empresa, que poderá centralizar todo o trabalho em uma única plataforma. Além disso, sua alta disponibilidade, tanto nos dispositivos *mobile* quanto no *desktop*, promove mais velocidade na adaptação aos novos modelos híbridos de trabalho (Softline, 2023).

O projeto articulou extensão e pesquisa na produção de conhecimento sobre Cognição e Mediação em processos formativos, por meio das TDR, envolvendo diferentes metodologias de mediação tecnológica, construção colaborativa e articulação teórico-prática. A proposta formativa ofereceu 25 vagas para docentes do Ensino Superior, propondo adesão espontânea e participação integral, conseguindo atingir 100% de inscritos.

Segundo as autoras, mais de 70% dos docentes pesquisados afirmam que entre as mídias digitais utilizadas na mediação docente aparece como de uso mais comum os grupos de comunicação instantânea. Em nosso entendimento, a *formação* deve andar lado a lado com as novas tecnologias, tendo em vista seu avanço e a globalização do mundo, incluindo o ambiente escolar. O Gráfico 1 mostra a frequência de uso de mídias digitais pelos docentes que participaram da citada *formação* em uma pesquisa realizada pelas organizadoras do projeto.

Gráfico 1 – Frequência de usos de mídias digitais na prática docente



Fonte: Adaptado de Andrade, Rosa e Cruz (2021, p. 67).

Os resultados da pesquisa apontam que, como docente ou como estudante, 14% sempre utilizaram as tecnologias digitais da informação e comunicação em sua ação, 62% incorporaram poucas vezes, nunca fizeram uso corresponde a 5%, bem como 19% acessaram-na muitas vezes. As produções dos cursistas ao final demonstraram amadurecimento progressivo com relação às habilidades tecnológicas e apropriação dos fundamentos da educação *on-line*.

Para Hooks (2017), faz-se necessário instituir locais de *formAção* para oportunizar os professores a expressarem seus temores, criando estratégias para abordar a sala de aula e o currículo, num contexto multicultural. Dessa forma, a *formAção* de que estamos tratando envolve diversos ambientes de aprendizagem, mesmo que um deles seja *on-line* ou virtual, vivendo a contemporaneidade da cibercultura e da conexão mundial em rede, com artefatos diversos (o que inclui os objetos técnicos). A ação na relação *sujeito-objeto* (humanos e não humanos), as vinculações e/ou as afetações entre eles, com reflexos no coletivo, por meio das tecnologias podem ser evidenciadas.

Segundo Oliveira e Porto (2016), em consonância com Latour (1994), é preciso compreender que a mediação com não humanos é parte constitutiva do humano. Reforçamos: isso ocorre em várias situações, incluindo as cotidianas, mas a “Constituição da Modernidade” tentou nos fazer esquecer essa possibilidade. Ela insiste em separar e purificar os híbridos em “sujeitos e objetos”, salta a estrutura para a interação individual, não oferece atenção às mediações, às redes que se formam antes de ir de um ponto a outro. Entretanto, ressalta-se que a mediação entre humanos e não humanos deve ir além da relação *humano-técnica*, *humano-máquina* e *humano-computador*.

A mediação tecnológica, por exemplo, com o uso digital dos *tablets*, computadores e *smartphones*, conectados à internet, ofereceu facilidades e soluções para muitas questões enfrentadas durante a pandemia da Covid-19. Entre elas, está a possibilidade de retomar os

estudos em todos os níveis de ensino, antes suspensos presencialmente pela intervenção da EaD, a qual já existia, mas não com essa finalidade específica.

Vale lembrar que devemos considerar a mediação técnica na Sociologia das Associações, esquivando-se do “social”, visto de forma homogênea (Latour, 2012, p. 23). Seu conceito exige uma visão do “social” como o produto de uma associação entre atores heterogêneos humanos e não humanos, ativamente simétricos. Na TAR, isso não se restringe apenas às relações humanas expostas anteriormente com a técnica, a máquina e o computador, mas também engloba os chamados “objetos naturais”. O social e o natural estão presentes nessa configuração, dissolvidos simultaneamente.

3.3 *Formação-continuada* na área de Educação Matemática, com ênfase em Modelagem.

Em um estudo realizado por Barbosa (2002, p. 4), com três futuras professoras, no âmbito do programa de *formação*, envolvendo as concepções sobre a Modelagem, no que tange à perspectiva dos professores, o autor traz dois argumentos das professoras: a Modelagem é um meio para os alunos aprenderem Matemática e desenvolve a capacidade de resolver problemas do dia a dia. Desse modo, duas opiniões se tendenciam no tocante à Modelagem no currículo escolar: a matemática e as interdisciplinares. Em relação à construção de modelos matemáticos e alternativas de solução pelos professores, Luna e Barbosa (2015, p. 2), em consonância com Chapman (2007), afirmam que

a formação de professores em modelagem deveria dar mais ênfase ao desenvolvimento de habilidades na construção de modelos matemáticos, na avaliação da validade do argumento desses modelos, assim como no desenvolvimento, na comparação e na avaliação de processos alternativos de solução pelos professores.

Portanto, no que se refere aos temas “modelos e experiência na *formação* em Modelagem”, Luna e Barbosa (2015, p. 2) expõem dois tipos de experiência em que os professores devem ser envolvidos: a de Modelagem, desenvolvendo modelos matemáticos, e a organização do trabalho pedagógico. Esses dois tipos de situação no processo de *formação* em Modelagem deixam claro que tanto a construção do modelo matemático quanto a experiência no trabalho docente são importantes para que os resultados sejam os mais proveitosos possíveis. Tais experiências, diante do aprendizado dos estudantes, na perspectiva sociocrítica questionadora e investigativa, contribuem com a tentativa de burlar o “tradicionalismo extremo”, que ainda assola grande parte das salas de aula de nosso país em diversos níveis de ensino.

Em uma Produção Técnica Educacional apresentada no ano de 2019 ao Programa de Pós-Graduação em Ensino da Universidade Estadual do Norte do Paraná (PPGEN/Unopar), *Campus* Cornélio Procópio, Nunes, Nascimento e Palharini (2019, p. 10) refletem sobre a *formAção* docente, com referência à prática docente, no contexto da Modelagem Matemática na Educação Matemática, como segue:

reafirmamos a necessidade de uma formação docente que leve conhecimento acerca da Modelagem Matemática na Educação Matemática e proporcione reflexão sobre a prática docente, de modo que estes professores possam trabalhar com seus alunos uma visão crítica e investigadora que supere o ensino baseado na transmissão de conteúdos, ou seja, uma formação docente que forneça os conhecimentos necessários sobre a Modelagem Matemática a fim de que essa abordagem os auxilie em sua prática docente na direção de proporcionar uma alternativa para o ensino de matemática.

Mesmo assim, a Educação Matemática tem evoluído consideravelmente, por meio de ações afirmativas voltadas à *formAção* docente, com destaque para a Modelagem, como mostra Santana (2021, p. 2):

Na área de Educação Matemática, algumas ações têm sido delineadas para a realização de formações, um exemplo disso são os resultados socializados em alguns estudos (CYRINO et al., 2014; LUNA; BARBOSA, 2015; NACARATO, 2016; OLIVEIRA, BARBOSA, 2011). Estas pesquisas têm problematizado a formação continuada em modelagem argumentando que o contato com esse ambiente de aprendizagem pode oferecer subsídios para formação de docentes da Educação Básica, bem como novos entendimentos sobre matemática e ensino, o que pode afetar a prática docente.

Portanto, a autora enfatiza que tais pesquisas contribuem para a *formAção-continuada* bem como proporciona subsídios válidos para docentes da Educação Básica, beneficiando sua prática. Cabe aqui reforçar mais uma vez que, também tendo em vista o contexto da *formAção* em Modelagem, essa abordagem é tomada como rede sociotécnica neste trabalho. No próximo capítulo, serão discutidas com mais detalhes a Modelagem, a TAR e as contribuições dessas abordagens, no tocante à Educação Matemática.

4 MODELAGEM MATEMÁTICA, TEORIA ATOR-REDE E AS CONTRIBUIÇÕES PARA A EDUCAÇÃO MATEMÁTICA.

Na literatura, autores a exemplo de Biembengut (2009), com relação às discussões sobre Modelagem e suas aplicações na Educação Matemática a nível internacional, elencam seus entendimentos, contribuições e experiências sobre o tema. Conforme a autora, o debate ocorre, em especial, na década de 1960, com o movimento “utilitarista”, definido como aplicação prática dos conhecimentos matemáticos para a ciência e a sociedade impulsionando a *formação* de grupos de pesquisadores. Entre os eventos, encontra-se o Lausanne Symposium, que ocorreu em 1968, na Suíça, tendo por tema como ensinar Matemática de modo útil, envolvendo situações do cotidiano dos estudantes que favorecessem a matematização e modelação de problemas e situações da realidade (Biembengut, 2009, p. 2).

Para Biembengut (2009), a colaboração de diversos professores de nosso país na comunidade internacional de Educação Matemática é referência, elevando e estabilizando a Modelagem na Educação Matemática na educação do Brasil. Eles começaram um grande movimento no final da década de 70. “Graças a esses precursores, discussões desde como se faz um modelo matemático e como se ensina matemática ao mesmo tempo permitiram emergir a linha de pesquisa de Modelagem Matemática no ensino brasileiro” (Biembengut, 2009, p. 2). São eles: Aristides Camargo Barreto, Ubiratan D’ Ambrósio, Rodney Carlos Bassanezi, João Frederico Meyer, Marineusa Gazzetta e Eduardo Sebastiani.

Um desses professores precursores, D’Ambrósio (2002, p. 13) enfatiza que “a Modelagem Matemática é Matemática por excelência”. O autor afirma que a melhor elaboração na prática e no entendimento de fatos vislumbrados na realidade são concentrados nas ideias principais da Educação Matemática. D’Ambrósio (2002) reforça que a Modelagem assume representações da realidade, tendo a condição de ser conhecida como a própria Matemática, enfatizando as situações-problema que serão destrinchadas para as tentativas de solução.

Em relação à empiria na Educação Matemática, Souza (2012, p. 71) ressalta que “nem todas as situações empíricas possuem o sistema matemático escolar como sistema modelo, pois elas podem, por sua vez, estar relacionadas a outras formas de vida”. Desse modo, em situações abordadas em Modelagem, a autora dá preferência ao uso do termo “situações empíricas” em vez de situações reais (Souza, 2012, p. 105). Tendo em vista essas e outras considerações, a seção seguinte traz algumas experiências práticas no tocante às associações matemáticas no ensino em relação à Modelagem.

4.1 Rastreamento as associações entre os laboratórios e as práticas em Modelagem

Um mapeamento realizado por Biembengut (2009) menciona associações matemáticas no ensino sobre Modelagem, com base nas ideias dos precursores e produções, a exemplo de dissertações e teses. São trabalhos apresentados em Programas de Pós-Graduação em Educação e Educação Matemática, publicações em anais de eventos, revistas e livros, bem como ementas das grades curriculares dos cursos de *formAção* de professores que ensinam matemática. Apesar da relevância dos estudos da autora, ela tem o sujeito como foco nas ações inerentes à Modelagem. Desse modo, propomos, com base em Latour (2012) e em Santana (2023), foco no *sujeito-objeto*.

Trazemos como exemplo a dissertação de mestrado de Silva (2009), defendida pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia (Ufba) e da Universidade Estadual de Feira de Santana (Uefs). Baseada em estudos de Barbosa (2007), ela relata práticas sobre sua experiência no tocante à percepção do ambiente de Modelagem, envolvendo latas de refrigerante numa tarefa de Modelagem. Os dados foram coletados por meio de observação e entrevistas em uma turma do curso de Licenciatura em Matemática da Uefs.

O autor aborda em seu trabalho uma aula na qual o professor discutiu com os alunos a questão do gasto de alumínio para a produção de latas na indústria de bebidas enlatadas. Após uma discussão inicial, convidou os alunos a se reunirem em grupos, distribuindo uma lata de refrigerante a cada grupo. Com isso, propôs que produzissem um novo formato de lata mais econômico para sua fabricação e comercialização (Silva, 2009, p. 43).

Os estudantes interpretaram matematicamente a situação proposta e conseguiram reduzir o fenômeno em função do volume e da área da lata, seguindo a ideia de outros colegas de sala. Além disso, decompuseram a lata em sólidos geométricos para encontrar o volume total da lata dada (Silva, 2009, p. 43). Para resumir, após conjecturas, cálculos matemáticos, inúmeras discussões, entre outras ações, o grupo finalmente conseguiu chegar ao modelo ideal, concluindo que, para otimizar o gasto de alumínio, a lata deveria ter: uma altura de 16 cm e um raio de 2,67 cm. Dessa forma, essa nova lata teria o volume de 357 cm^3 e uma área de $269,58 \text{ cm}^2$ (Silva, 2009, p. 47).

Como as latas de refrigerante afetam os diferentes sujeitos? À luz da TAR, notamos facilmente a agência dos objetos, ou seja, estes modificam o meio em que estão inseridos. Callon (1986) analisando pescadores e cientistas, interessados em aumentar a produção das vieiras mediante seu cultivo controlado na baía de St.-Brieuc na França na década de 1970 que

decrecia de forma contínua. O autor notou que não havia uma relação direta entre as larvas e os pescadores, mas a ligação se estabeleceu progressivamente pela ação dos pesquisadores. Callon (1986, p. 92-93) denomina este fenômeno como “tradução”, ou seja, “é o mecanismo pelo qual os mundos social e natural tomam forma progressivamente. O resultado é uma situação na qual certas entidades controlam outras.” Na pesquisa de Silva (2009), todo o trabalho com as latas de refrigerante testifica isso, ou seja, a produção do conhecimento por meio da construção de uma rede de relações entre entidades naturais e sociais acontece. Além disso, tal pesquisa deixa claro que trabalhar a Modelagem com situações que despertem o interesse dos estudantes, abordar temas de seu convívio diário e interagir com outras ciências é um ponto forte para o sucesso das ações. Mas chamamos a atenção para a ideia de que, mesmo com foco no sujeito, na pesquisa de Silva (2009), as afetações entre os *actantes* da rede aconteceram, ou seja, a relação *sujeito-objeto* proposta por Latour (2012) e a TAR existiram. Dessa forma, conforme Cavalcanti (2014, p.15), a partir dessa visão, “as epistemologias são discutidas enquanto possibilidades de olhares diversos sobre os fenômenos educacionais; ora convergentes, ora divergentes, completando-se ou excluindo-se”. No ensino-aprendizagem matemático, por exemplo, a Modelagem proporciona tal oportunidade.

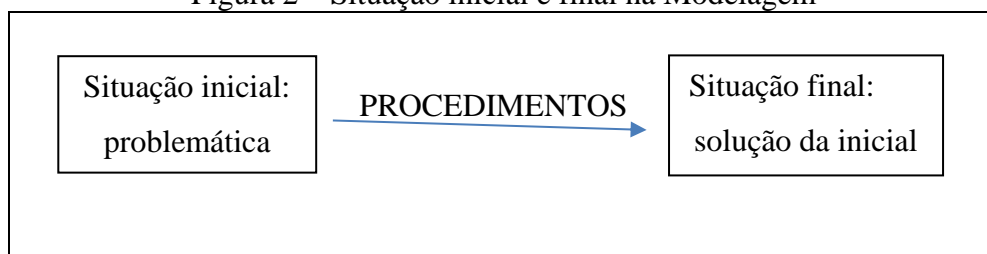
Nesse contexto, a abertura para trabalhar com outras áreas do conhecimento, por meio da Modelagem, conforme Burak (2019), favorece o enfoque interdisciplinar e transdisciplinar no desenvolvimento de um tema. Além disso, promove a articulação entre os campos da própria Matemática: Números e Operações, Álgebra, Geometria, Grandezas e Medidas, e Tratamento da Informação (Burak, 2019, p. 12). Dessa maneira, a Modelagem se destaca nesse encaminhamento no desenvolvimento de uma tarefa; mesmo que não seja ela sobre um tema matemático, ou seja, de outra área do conhecimento, essa ponte pode ser erguida. As relações entre a realidade e a Matemática servem de aportes para que conhecimentos matemáticos e não-matemáticos sejam efetivados.

Desde meados de 2003, Jonei Barbosa, referência das pesquisas em Modelagem, trata sobre a questão da construção de modelos matemáticos, mesmo que o tema trabalhado nas tarefas não seja da área de Matemática. A abordagem de um problema não matemático para a construção do modelo parte de uma situação real e vai até sua construção por meio de ferramentas e entes matemáticos, como gráficos, equações, inequações, para representar uma situação real (Barbosa, 2003, p. 53).

Segundo Herminio e Borba (2010, p. 12), “ao se trabalhar a Modelagem em um curso específico, deixando a escolha do tema sob responsabilidade do aluno, é esperado que temas afins ao curso sejam propostos”. Porém, “trabalhar com Modelagem não implica em aluno

interessado” (Herminio; Borba, 2010, p. 15), ou seja, não garante tal interesse, mesmo se o enfoque utilizado for a Modelagem e o tema escolhido for o mais atual possível. Segundo Almeida, Silva e Vertuan (2012, p. 12), de forma geral, evidenciam que uma tarefa de Modelagem é composta por uma situação inicial ou problemática, passando para uma situação final a que se quer chegar, que representa a solução dessa situação inicial. Nesse processo, interligações entre a situação inicial e final são observadas, como mostra a Figura 2.

Figura 2 – Situação inicial e final na Modelagem



Fonte: baseado em Almeida, Silva e Vertuan (2012, p. 12).

Para esses autores, a origem da situação inicial ou problemática é um problema, baseado em uma circunstância da vida real. A situação final à qual se quer chegar está ligada, no contexto da Matemática, com base na problemática, ao denominado de modelo matemático. Os estudos de Barbosa (2001), com referência à Modelagem e seus desdobramentos, consideram importante a atuação do professor nas ações voltadas às práticas de sala de aula como potencializador de discussões com apoio nas preocupações da Educação Matemática.

Para Barbosa (2004, p. 1), a Modelagem na Educação Matemática é como “um grande guarda-chuva, onde cabe quase tudo”. Além disso, Barbosa (2001) fez uma análise de estudos sobre Modelagem no âmbito nacional e internacional, classificando os casos de três formas distintas, como mostra o Quadro 1:

Quadro 1 – Casos de Modelagem segundo Barbosa (2001)

CASOS	1	2	3
FORMAS	O professor apresenta a descrição de uma situação-problema com as informações necessárias à sua resolução e o problema formulado, cabendo aos alunos a resolução.	O professor leva para a sala um problema de outra área da realidade, cabendo aos alunos a coleta das informações necessárias à sua resolução.	A partir de temas não-matemáticos, os alunos formulam e resolvem problemas. Eles também são responsáveis pela coleta de informações e simplificação das situações-problema.

Fonte: baseado em Barbosa (2001, p. 8-9).

Segundo Barbosa (2001, p. 10), os três casos não representam configurações estanques, mas sim regiões de possibilidades, sem pretensões de engessar a prática, mas, uma vez que é reflexão sobre a prática, alimentá-la. Com relação às rotas de aprendizagem, Barbosa e Santos

(2007) afirmam que elas são constituídas pelas discussões compreendidas na construção do modelo matemático. Em consonância com Skovsmose (1990), Barbosa (2007, p. 165) sugere que as rotas de Modelagem podem ser constituídas por três tipos de discussões:

- 1) matemáticas (conceitos e ideias integralmente pertencentes à disciplina de Matemática);
- 2) técnicas (matematização da situação em estudo);
- 3) reflexivas (conexão entre os pressupostos utilizados na construção do modelo matemático e os resultados e sua utilização na sociedade).

Portanto, os autores destacam as discussões matemáticas, técnicas e reflexivas como algo de suma importância, com referência à disciplina, à matematização da situação e à conexão para a construção do modelo matemático. Conforme Barbosa (2001), nos estudos de Modelagem, a pretensão da teoria não é a de engessar a prática. Ela é uma reflexão sobre a prática que a alimenta; e os professores e alunos podem se envolver com diferentes maneiras de implementá-la no currículo. Para o autor, deve-se reelaborá-lo de acordo com as possibilidades e as limitações oferecidas pelo contexto escolar, por seus conhecimentos e preferências.

Com a perspectiva sociocrítica de Barbosa (2001), tratando a Modelagem como ambiente de aprendizagem favorável à discussão, constrói-se uma ponte entre a Matemática e outras ciências, dando a oportunidade para os estudantes criarem estratégias diversas. Além disso, cria-se caminhos para alcançarem os resultados desejados, com relação a um tema muito próximo da realidade. As ações facilitam o entendimento e a solução de diversas situações.

Barbosa (2001) vislumbra a Modelagem num contexto sociocrítico, com ênfase na reflexão sobre o papel da Matemática na sociedade; todavia, o foco de seus estudos é no sujeito. Não descartamos a perspectiva de Barbosa. Há um aproveitamento de ideias, mas trabalhamos com base no sujeito-objeto, como propõe Bruno Latour, entre outros estudiosos da TAR. Segundo o próprio Barbosa (2009), existem lacunas a serem mais bem exploradas com relação à pesquisa em Modelagem relacionada a outras tendências, considerando a Educação Matemática e áreas afins.

Vale reforçar que, no início de nossos estudos, seguimos a perspectiva de Barbosa (2001, 2002, 2003, 2004, 2006, 2007, 2009) e a de outros estudiosos da Modelagem em ações teórico-práticas, considerando-a como ambiente de aprendizagem. Ao nos darmos conta de que o foco estava apenas no sujeito, começamos a pesquisar sobre a relação *sujeito-objeto* proposta pela TAR. Desse modo, com base em Santana (2023), surgiu a ideia de associá-la ao contexto

da Modelagem, tomando-a como rede sociotécnica, numa perspectiva de ambientes híbridos e simétricos.

Conforme Latour (1994), seria como uma rede complexa de condicionalidades e associações por meio de diferentes mecanismos aproximando elementos heterogêneos em que se socializam atores humanos e não humanos, de modo que há deslocamento entre os pontos. Tal processo para o sociólogo, considerando esse composto, envolve circulação e transporte, no intuito de conhecer as traduções. A configuração citada considera a agência não só dos humanos, mas também a dos não humanos. Estes são todos *actantes* nivelados e não se afetam apenas em ambientes de aprendizagem convencionais da Educação Matemática, no trabalho com Modelagem, por exemplo, mas sim em todos os ambientes.

Vale destacar que a maioria dos autores citados no presente trabalho possui produções mais atuais, todavia, compartilham da mesma concepção sobre o tema *Modelagem*, apresentada nas produções observadas nesta análise. Então, tendo em vista uma dessas lacunas, ressalta-se que a motivação para realizarmos esta investigação foi o fato de que, na literatura, em pesquisas publicadas até 2022 não foram encontrados trabalhos de Modelagem que foquem no *sujeito-objeto*. A seção seguinte mapeia a Modelagem em periódicos de duas revistas da área de Educação Matemática, tendo em vista um marco temporal específico.

4.2 Estudos recentes sobre Modelagem

Os últimos cinco anos foram marcados por diversas pesquisas envolvendo a Modelagem, seja em trabalhos realizados em sala de aula da Educação Básica, seja em *Formação* de professores que ensinam Matemática. Dessa forma, foi realizado um mapeamento de estudos, considerando o marco temporal de 2019 a 2023 em periódicos do Boletim de Educação Matemática (Bolema) e Perspectivas da Educação Matemática (PEM).

No final dessas buscas, 30 trabalhos foram produzidos; após uma averiguação, excluímos os títulos que não correspondiam aos critérios de inclusão e exclusão instituídos em nossa pesquisa, ou seja, 12. No Quadro 2, sintetizamos tais critérios de inclusão exclusão utilizados para selecionar os estudos.

Quadro 2 – Critérios de inclusão e exclusão para a seleção dos trabalhos

Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
A pesquisa deve ser da área de Educação Matemática.	A pesquisa não é da área de Educação Matemática.
A pesquisa deve envolver o ensino fundamental anos finais, ensino médio ou ensino superior.	A pesquisa não envolve os anos finais do Ensino Fundamental, o Ensino Médio ou o Ensino Superior.
A pesquisa deve envolver a Modelagem Matemática.	A pesquisa não envolve a Modelagem Matemática

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Portanto, após a aplicação dos critérios descritos no Quadro 2, restaram 15 pesquisas. O Quadro 3 expõe tais títulos mapeados, bem como o número de artigos constantes em cada periódico selecionado por esse estudo.

Quadro 3 – Títulos mapeados no BOLEMA e PEM

PERIÓDICOS	ARTIGOS	QUANTIDADE
BOLEMA	Dalla Vecchia e Maltempi (2019) Ferreira e Silva (2019) Araújo e Lima (2020) Villarreal e Mina (2020) Borssoi, Silva e Ferruzzi (2021) Ramos e Almeida (2021) Araújo e Avelar (2022) Solar <i>et al.</i> (2023) Tortola, Silva e Dalto (2023)	09
PEM	Forner e Malheiros (2020) Oliveira Júnior e Rosa (2020) Oliveira, Burak e Martins (2020) Bastos e Rosa (2021) Montes (2023) Pessoa e Silva (2023)	06
TOTAL DE ARTIGOS ANALISADOS		15

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

A próxima seção trará as categorias de análise desse estudo após a leitura, a observância e a validação dos dados encontrados. Também exporá a hermenêutica dos artigos selecionados.

4.2.1 Categorias e interpretações

Dessa seleção, leitura e análise dos artigos, foram identificadas duas categorias, apresentadas no Quadro 4. Nele, uma breve descrição de cada uma é realizada, considerando duas categorias, a saber: conceptualizações teóricas sobre Modelagem e Implicações da *formação-continuada* de professores em trabalhos que envolvem Modelagem.

Quadro 4 – Categorias e descrição

Categoria	Descrição
Conceptualizações teóricas sobre Modelagem	Aborda entendimentos de Modelagem por autores e/ou especialistas, numa linha cronológica.
Implicações da <i>formação-continuada</i> de professores em trabalhos que envolvem Modelagem	Apontam os desafios e êxitos na implementação de tarefas em sala de aula e /ou cursos de <i>formação-continuada</i> em Modelagem.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Apresentamos e brevemente descrevemos categorias que surgiram desse processo. Nas seções seguintes, exploramos as compreensões sobre cada categoria elencada bem como os títulos encontrados que se enquadram em cada uma delas.

4.2.1.1 Conceptualizações teóricas sobre Modelagem

A categoria versa sobre os entendimentos de Modelagem de alguns autores-pesquisadores e sobre os títulos com cada entendimento. Nesse trabalho, seis concepções são apresentadas, a saber: *processo que envolve a obtenção de um modelo* (Biembengut, 1999), *ambiente de aprendizagem* (Barbosa, 2001), *estratégia de ensino-aprendizagem* (Bassanezi, 2011), *sistema de aprendizagem* (Caldeira, 2009), *metodologia de ensino* (Burak, 2010) e *alternativa pedagógica* (Almeida; Silva; Vertuan, 2012). Dessas vertentes, três são evidenciadas nos trabalhos pesquisados: a *Modelagem como alternativa pedagógica* foi observada, em cinco; o *processo que envolve a obtenção de um modelo*, em sete; e o *ambiente de aprendizagem*, em três.

Começaremos pelos trabalhos que compreendem a Modelagem como alternativa pedagógica: Forner e Malheiros (2019); Oliveira, Burak e Martins (2020); Pessoa e Silva (2023); Montes (2023); Tortola, Silva e Dalto (2023). Forner e Malheiros (2019) contribuem para a leitura de mundo e construção do conhecimento matemático, bem como para o conhecimento da Matemática na sociedade. Destacam a possibilidade de conexão com outras áreas do conhecimento por meio da interdisciplinaridade que a Modelagem oferece.

Oliveira, Burak e Martins (2020) abordam o ensino de Matemática com o estudante cego, norteado pela identificação de potencialidades da Modelagem Matemática, na Educação Matemática, com esse estudante. Indicam como proposta o desenvolvimento e a discussão da prática pedagógica, mediada pela Modelagem, avaliando o potencial do material didático incorporado. Visam à construção do conhecimento de modo dinâmico, colaborativo e interdisciplinar.

Pessoa e Silva (2023) admitem que uma atividade de Modelagem parte de uma situação inicial (problemática) e, por meio de procedimentos matemáticos, chega-se a uma final, uma solução para o que se investiga. A transição da situação inicial para a final é mediada por uma multiplicidade de signos produzidos ou utilizados pelo aluno. Os signos são meios utilizados pelas pessoas (intérpretes) para se referir a um objeto (físico ou não).

Os estudos de Montes (2023) tratam sobre estudantes costarriquenhos de uma turma de Álgebra Linear ao trabalharem uma tarefa de modelagem no contexto de fluxos de água. Os

conceitos utilizados são os de Sistemas de Equações Lineares, utilizados no SEL. O SEL é uma ferramenta em que se apoia o estudo de tópicos da Álgebra Linear, como as transformações lineares, os espaços vetoriais e os autovalores e autovetores associados a uma matriz.

Conforme esse autor, construído o modelo matemático, o estudante ingressa no chamado mundo matemático e usa a resolução para trabalhar esse tipo de modelo (no caso de SEL, processos baseados em procedimentos puramente algébricos, procedimentos de redução de matrizes, procedimentos com determinantes, entre outros). Portanto, os estudos de Montes (2023) englobam associações com a tecnologia para a implementação de ações voltadas à *formação-continuada*.

Tortola, Silva e Dalto (2023) defendem a (res)significação do modo como professores em *formação-continuada* ensinam a partir da implementação de uma atividade de modelagem matemática. A partir de uma situação inserida em um contexto extramatemático, um problema é definido e, na busca por uma solução para ele, lança-se mão de procedimentos matemáticos, sendo essa uma oportunidade de serem trabalhados pelo professor, dentre outros elementos, conteúdos matemáticos. Os autores enfatizam que, para utilizar a Modelagem, é preciso que o professor esteja preparado para tal e, concordando com Almeida e Silva (2015), propõem que o docente experiencie três eixos: aprender sobre a Modelagem Matemática, aprender por meio da modelagem matemática e ensinar usando a Modelagem Matemática.

Tomando a modelagem como ambiente de aprendizagem, temos as pesquisas de Oliveira Júnior e Rosa (2020), Bastos e Rosa (2021) e Araújo e Avelar (2022). Oliveira Júnior e Rosa (2020) indicam os estudos das neurociências como possibilidade de compreensão da aprendizagem, por meio do desenvolvimento de atividades que auxiliam na motivação de estímulos, processo de conservação e funções executivas na aprendizagem.

Bastos e Rosa (2021) apresentam uma possibilidade de diálogo entre os campos da Educação Física e a Matemática, mediado por uma prática de Modelagem Matemática fundamentada em sua perspectiva sociocrítica. Os participantes envolvidos no estudo utilizaram o conhecimento matemático de análise combinatória para a proposição de soluções para o problema de congestionamento nas academias, posicionando-se de maneira crítica e reflexiva sobre a qualidade dos serviços oferecidos por esses espaços, bem como sobre o acesso das pessoas a esses serviços.

Araújo e Avelar (2022), a partir dos pensamentos numérico, geométrico e algébrico, propõem e caracterizam uma primeira versão de um constructo teórico denominado “pensamento integral”. Segundo os autores, a ideia leva em conta a tragédia da ruptura da

barragem de rejeitos de minério de ferro em Brumadinho, região de Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais, em 25 de janeiro de 2019.

Foi, então, criado o Projeto *Mar de Lama*, utilizando uma atividade de Modelagem com estudantes do sexto ano com o objetivo de calcular a área superficial da lama que cobriu uma região de Brumadinho. Segundo os autores, pensamento integral se comporta como o conhecimento envolvido no cálculo de áreas de regiões quaisquer, o que inclui aquelas limitadas por linhas curvas. A Modelagem como processo que envolve a obtenção de um modelo foi observada nos trabalhos de Ferreira e Silva (2019), Dalla Vecchia e Maltempi (2019), Araújo e Lima (2020), Villarreal e Mina (2020), Borssoi, Silva e Ferruzzi (2021), Ramos e Almeida (2021) e Solar *et al.* (2023).

Pensando na tentativa de sugerir uma possível “subversão” para uma Educação Matemática de qualidade, Ferreira e Silva (2019) sugerem alguns elementos fundamentais para a reflexão: o uso de diferenciadas estratégias metodológicas; o delineamento dos objetivos para o ensino (conteúdos e competências); o entendimento de uma avaliação que valorize o conhecimento; a utilização de tarefas contextualizadas; o conhecimento da realidade local, social e individual da escola e dos estudantes. Os estudos de Ferreira e Silva (2019) alertam que se faz necessário refletir sobre a importância da *formação* docente e o modo de organização de práticas escolares.

As autoras abordam uma investigação sobre a utilização de uma Trajetória Hipotética de Aprendizagem (THA) no planejamento de ações implementadas em uma atividade de Modelagem Matemática. Os autores promoveram um minicurso, analisando as produções dos participantes no tocante a cada uma das fases da Modelagem: Inteiração, Matematização, Resolução, Interpretação dos Resultados e Validação, e relacionando-as à THA, observando como cada uma dessas fases foram antecipadas hipoteticamente.

A pesquisa de Dalla Vecchia e Maltempi (2019) discute o conceito de problema em Modelagem Matemática no contexto abrangido pela Educação Matemática. Trata-se do resultado de uma pesquisa que envolve a construção de jogos eletrônicos e a contextualização da relação do problema com a Modelagem, conforme a visão de Borromeo Ferri e Blum (2010). Na perspectiva desses autores, a Modelagem é vista e denotada por ciclo, que parte de uma situação real problemática.

Dessa forma, conforme Dalla Vecchia e Maltempi (2019), após a tarefa ser dada, um conjunto de passos iniciam: imaginar a situação construindo um modelo para ela criando associações; trabalhar uma visão da estrutura sob o ponto de vista da Matemática até encontrar resultados matemáticos; interpretar os resultados na situação real, sendo validados ou não. Caso

não sejam validados, o ciclo recomeça; caso contrário, o processo se encerra com a exposição do resultado obtido.

Araújo e Lima (2020) versam sobre a descrição e caracterização da matematização em um projeto aberto de Modelagem, no qual todas as decisões, desde a escolha de um problema do mundo real até sua solução, foram tomadas coletivamente por um grupo de estudantes e pesquisadores. O estudo foi desenvolvido com base na modelagem nos estudos de Educação Matemática e na Teoria Histórico-Cultural da Atividade (Chat).

As autoras interpretam a matematização como um conjunto de ações orientadas ao objeto do sistema de atividade e ao projeto de modelagem como o próprio objeto da atividade. Araújo e Lima (2020) enfatizam que, durante uma atividade envolvendo a Modelagem, a matematização é uma das etapas importantes na resolução de problemas do mundo real, sendo a ideia-chave da modelagem para compreender a Modelagem como um todo.

Villarreal e Mina (2020), no trato de projetos de Modelagem, propõem o uso livre de tecnologias para o desenvolvimento de atividades experimentais na cidade de Córdoba (Argentina). Segundo os autores, os alunos desenvolveram esses projetos modelando cenários criados em suas aulas de Matemática. A pesquisa visa a buscar a aprendizagem dos alunos que participam de cenários ativos de Modelagem Matemática com atividades tecnológicas experimentais e digitais. A perspectiva utilizada é a de aprendizagem situada e a visão epistemológica envolvida na construção humanos-com-mídia. Esses usos foram relacionados às fases de experimentação e resolução. O estudo fornece um exemplo que responde às recomendações curriculares quanto à inclusão de Modelagem e ao uso de tecnologias nas aulas de Matemática. Reflete sobre a importância desses fatores para a *formação* de professores.

Ramos e Almeida (2021) capturam, nas experiências dos alunos quando desenvolviam atividades de Modelagem Matemática, elementos que permitem descrever a Modelagem em termos semióticos. Conforme os autores, suas discussões estão fundamentadas em Charles Sanders Peirce (1839-1914), abrindo um caminho fértil para buscar entendimento com relação ao que é conhecer e como isso se torna possível, fundamentando uma teoria dos signos, ou semiótica peirceana.

O trabalho de Borsoi, Silva e Ferruzzi (2021) preserva aspectos voltados ao trabalho colaborativo como uma atividade de Modelagem, valorizando o cotidiano, a *formação* de grupos, ou seja, um trabalho em rede. Os autores destacam que a aprendizagem colaborativa é oportunizada ao passo que os alunos são orientados a trabalhar colaborativamente, de modo que aprendam juntos, façam-se entender, ouçam outras vozes e negociem encaminhamentos, seja

para o entendimento e simplificação da situação problemática, seja para a matematização ou para a determinação da solução.

A pesquisa de Solar *et al.* (2023) integra uma visão sobre competências de Modelagem e argumentação na sala de aula de Matemática e alerta que tal abordagem conjunta é muito escassa na literatura. Os autores, a partir de uma experiência de desenvolvimento profissional docente, apresentam a análise de dois casos de professores que elaboraram uma atividade de Modelagem e argumentação.

Os pesquisadores argumentam que cada vez mais países realizam reformas profundas no currículo de Matemática, mas tais mudanças nas finalidades curriculares exigem que os professores de Matemática deem maior ênfase ao desenvolvimento de competências matemáticas nos alunos. Ainda enfatizam tais autores que, em muitos países, o ensino continua direcionado, principalmente, para o alcance de objetivos de aprendizagem centrados no conteúdo, com padrões de interação fechados, em que as intervenções do professor são para fazer perguntas de baixo nível cognitivo e avaliar as intervenções dos alunos (Solar *et al.*, 2023).

As conclusões desse estudo de Solar *et al.* (2023) indicam que: as tarefas matemáticas desenhadas favoreceram o desenvolvimento da Modelagem e da argumentação nos alunos; os modelos atuam implicitamente como suporte às garantias e refutações dadas pelos alunos; a argumentação em sala de aula ajuda os alunos a passarem pelas diferentes fases do ciclo de Modelagem.

4.2.1.2 Implicações da *formação-continuada* de professores em trabalhos que envolvem Modelagem

A categoria contribui com informações sobre as implicações que ocorrem na prática dos professores que participam de *formação-continuada* com foco na Modelagem. Nesse sentido, foram encontrados seis trabalhos, apresentados na seção: “Conceptualizações Teóricas sobre Modelagem”. São estes: Ferreira e Silva (2019); Forner e Malheiros (2019); Villarreal e Mina (2020); Borssoi, Silva e Ferruzzi (2021); Solar *et al.* (2023); e Tortola, Silva e Dalto (2023). As pesquisas versam sobre a articulação entre os espaços de *formação* e a sala de aula, valorizando uma recontextualização.

As implicações desses trabalhos partem das dificuldades em aplicações de tarefas de Modelagem devido à necessidade de uma preparação mais acentuada por parte dos professores. Porém, destacam a possibilidade de sentir a Modelagem de perto, burlar práticas extremamente tradicionais e valorizar as representações matemáticas na *formação-continuada*. Outra

implicação seria a contextualização do texto de um campo para outro, gerando compreensões teóricas e aplicações para a prática da Modelagem e da *formAção-continuada*. Na próxima seção, exploraremos outros estudos sobre a TAR e abordaremos trabalhos que tentam relacioná-la à Modelagem.

4.3 Explorando outros estudos e compreensões sobre a TAR

Além dos pesquisadores citados na seção anterior, em relação à TAR, faz-se necessário reconhecer o trabalho de mulheres como Annemarie Mol, filósofa, médica e autora dos estudos de Ciência, Tecnologia e Sociedade (estudos CTS). Segundo Mol (2010), se um trabalho da TAR altera fortemente o termo *teoria*, ele pode ser chamado de teoria. Todavia, os estudiosos devem contribuir para a sintonização do mundo, com o objetivo de se ver, sentir, saborear e ouvir, para que seja possível apreciá-lo, efetivamente. Desse modo, a TAR seria uma teoria.

Para Mol (2010, p. 10, tradução nossa), “muitos autores começam seus artigos com a promessa de que irão usar a teoria ator-rede [...] É impossível ‘usar a TAR’ como se fosse um microscópio”. Dessa forma, para a autora, é preciso que os estudiosos contribuam para a sintonização do mundo com o objetivo de se situar nele para que seja possível apreciá-lo, adequadamente.

Por outro lado, a TAR é classificada por Hassard e Cox (2013) como uma abordagem de uma corrente de análise filosófica teórico-metodológica sob o rótulo de pós-modernismo e não uma teoria em si. Até mesmo seus fundadores a criticaram como teoria (Callon, 1999; Latour, 1999; Law, 1992).

Conforme Law (1992, p. 38, tradução nossa), a abordagem ator-rede não é uma teoria, pois

as teorias normalmente tentam explicar por que algo acontece, mas a teoria ator-rede é descritiva e não fundacional em termos explicativos, o que significa que ela é uma decepção para aqueles que buscam relatos fortes. Em vez disso, a teoria conta histórias sobre *como* ocorrem ou não as montagens das relações.

Dessa forma, para o autor, na condição de forma da semiótica material, a TAR é mais bem compreendida como uma caixa de ferramentas para contar histórias interessantes sobre tais relações, interferindo nelas. A falta de um termo mais adequado para nomeá-la a manteve com essa designação (Latour, 2012). É considerada pós-estruturalista¹⁰, segundo Alcadipani e Tureta

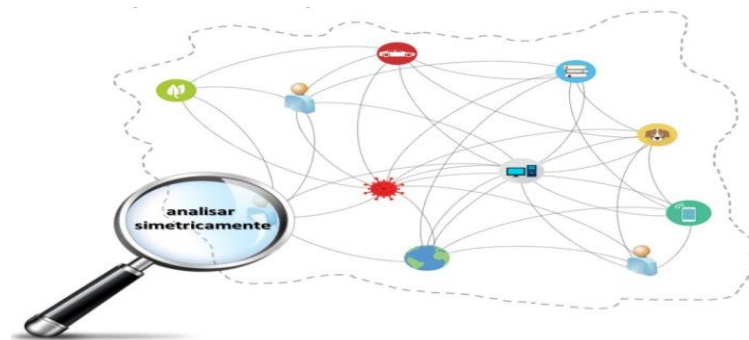
¹⁰ É um movimento filosófico dos anos 1960 que permanece sendo uma influência também em um leque mais amplo de campos temáticos. Indo além do estruturalismo, uma de suas características é a análise dos limites do conhecimento, ao passo que este projeto pode ser sintetizado pelo conceito de que se chega a um conhecimento seguro ao restringir, envolver diferenças no interior de estruturas (Williams, 2013, p. 13-14).

(2009), bem como sugerida contextualmente por Law (2006). Conforme o autor, “a teoria ator-rede é sobre poder, poder como um efeito e não como um conjunto de causas” (Law, 2006, p. 8).

A TAR é entendida como uma versão empírica do pós-estruturalismo e pós-humanista por Selgas (2008), por buscar diluir a dicotomia entre o social e o natural, além de inserir na mesma visão analítica atores humanos e não humanos. Conforme Braga e Suarez (2018), na TAR, as coisas são mais do que ferramentas, pano de fundo ou palco em que atores sociais humanos desempenham os papéis principais.

John Law (1992, p. 380, tradução nossa) explora a metáfora da rede heterogênea, ou seja, “é uma maneira de sugerir que a sociedade, as organizações, os agentes e máquinas são todos efeitos gerados pela modelação da rede de diversos matérias (e não apenas humanos)”. Portanto, estes residem na TAR. Note na Figura 3 como se comporta a lente da TAR na análise dos *actantes* que compõem a rede:

Figura 3 – Representação das proposições básicas da TAR



Fonte: Adaptado de Ribeiro e Lima (2022, p. 3).

Portanto, a TAR analisa com a mesma lente humanos e não humanos, ambos *actantes*, e, por meio dessa nomenclatura, busca investigar socialmente os elementos naturais, materiais e os demais diferentes dos humanos, os quais se relacionam e se afetam, gerando o social. Conforme Latour (2005), a TAR redefine a noção de social, voltando a suas raízes para estabelecer conexões entre os atores heterogêneos. Strum e Latour (1987, p. 793) retomam a etimologia do termo “social” e enfatizam que “sócio” significa “unir, juntar, associar, fazer ou manter em comum”.

Para Santaella e Cardoso (2015, p. 5), em concordância com Latour (1994),

a ideia de *actante* se refere a um achatamento das classes epistemológicas modernas (sujeito/objeto, sociedade/natureza) e expressa uma releitura do conceito de social. Por ação social Latour não quer significar apenas a ação do humano, mas

fundamentalmente a ação da associação, da combinação de actantes, que podem ser homens, armas, gavetas, instituições, código penal etc. Assim, no plano da ação, a ênfase se desloca mais para os meios, para as misturas, para o ator híbrido, pois a “ação não é uma propriedade dos humanos, mas de uma associação de actantes” (Latour, 1994, p. 35).

Desse modo, segundo Latour (2012), as combinações ou associações entre *actantes* geram mutuamente o que se entende como social (rede sociotécnica), não estável, não pronto. Para o autor, é preciso torná-lo visível: seguir os *actantes*, mapear suas controvérsias, sem pressa na possível estabilização delas, rastrear como essa rede se compõe, o que está em jogo nela, quais os atores¹¹ que agem e nos levam a fazer coisas, ou seja, conduzir para a “roda” atores que agem e que levam outros a agirem. Entretanto, Bruno Latour propõe a utilização do termo *actante*, em vez de ator para se referir a um coletivo de humanos e não humanos que compõem a rede.

Esse ator não é o ator social da Sociologia, mas sim aquele que possui a condição de ser *actante* e produzir efeitos na rede, ou seja, aquilo que “é induzido a agir por uma vasta rede, em forma de estrela, de mediadores que entram e saem” (Latour, 2012, p. 312). Logo, segundo Latour (1999, p. 346), “a palavra ator se limita a humanos, utilizamos muitas vezes *actant* (*actante*), termo tomado à semiótica para incluir não humanos na definição”. Os *actantes* deixam “rastros” visíveis, que podem ser seguidos na rede e percebidos pelos pesquisadores.

Segundo Freire (2006), Bruno Latour, referência de estudos sobre a TAR, contempla uma visão não apenas do sujeito e/ou do objeto da ação, mas sim da relação entre os dois e da construção ao longo de sua pesquisa de uma antropologia das ciências que, em linhas gerais, tangencia a separação entre as entidades ontológicas *Natureza* e *Cultura*, bem como entre sujeito e objeto. Isso nos ajuda a pensar também matematicamente, ou seja, existem outros *actantes* além dos humanos nesse campo que têm agência, e o agir deles leva outros a agirem também, por exemplo, nos trabalhos envolvendo a Modelagem. A Modelagem articulada com a perspectiva da TAR deve envolver simetria e hibridização.

A literatura também nos mostra, por meio de estudos como os de Queiroz e Melo (2011), que a TAR é trabalhada para atender ao Princípio de Simetria instaurado pela Antropologia das Ciências, disciplina transversal que surgiu por influência da convergência dos estudos em diversos campos do conhecimento. Segundo as autoras, se os seres humanos estabelecem uma rede social, não é apenas porque eles interagem com outros seres humanos, mas é porque interagem com seres humanos e com outros materiais também (Queiroz; Melo, 2011).

¹¹ Na TAR, o conceito de ator se dá de forma abstrata, ou seja, atores são todos aqueles e tudo aquilo que se associe a algo ou a alguém, formando ou tornando-se parte de uma rede (Latour, 2005).

Dessa forma, Bruno Latour (1994) considera vantajoso o que intitula como “Primeiro Princípio de Simetria”, dos estudos sociais da ciência e da técnica, que estabelecia considerarmos simetricamente o erro e a verdade. Este foi defendido por David Bloor em 1976, no “Programa Forte da Sociologia do Conhecimento” com os mesmos argumentos para determinar o que é verdadeiro e o que é falso, porém sem distinção, a princípio, entre ideologias e crenças e conhecimento científico.

Latour (1994, p. 93-94) critica Bloor e seu programa. Detecta uma contradição, no tocante ao conceito de simetria proposto, o qual se revela díspar ao conferir à sociedade a responsabilidade e autoridade para determinar o que é falso e verdadeiro. Com essa ideia, não se nega a realidade, mas se exclui da natureza a condição de determinar a verdade científica por meio de seus próprios fatos (Latour, 1994, p. 93-94).

A resposta de Bloor (1999) caracteriza-se pela afirmação de que os escritos de Latour continham tensões não resolvidas. Bloor (1999, p. 121) assevera: “há um abismo entre nós, o que me torna totalmente incompetente para criticar o seu trabalho, mas, aparentemente, deixa-o totalmente livre para criticar o meu”. Assim, Bloor (1999) acusa Latour de atacar o Programa Forte da Sociologia do Conhecimento alegando ter detectado fortes falhas em sua configuração e, desta forma, propõe uma nova abordagem alicerçada em princípios bem desiguais.

Conforme Queiroz e Melo (2011, p. 8),

a TAR não pode ser tomada de forma centralizada, pois a pressão se faz tanto para unir como para separar coisas. A centralização consumada pode motivar a descentralização e, inversamente, descentralizar pode ser um movimento necessário para chegar-se a um centro. O aparente confronto entre a centralização e a descentralização, entre unidade e diáspora, entre estabilidade e instabilidade, entre singularidade e multiplicidade aparece como uma marca da tensão em que trabalham as redes.

Assim, a TAR pode ser conhecida por meio de um conjunto de histórias pequenas sobre como os elementos que desenvolvem conexões se reúnem momentaneamente por ambivalências e oscilações. A ramificação das relações, as lacunas e as incompletudes fazem parte da descrição de como os fenômenos se articulam performando uma rede (Queiroz; Melo, 2011).

4.4 Princípio da simetria generalizada na pesquisa científica, segundo Latour e Law.

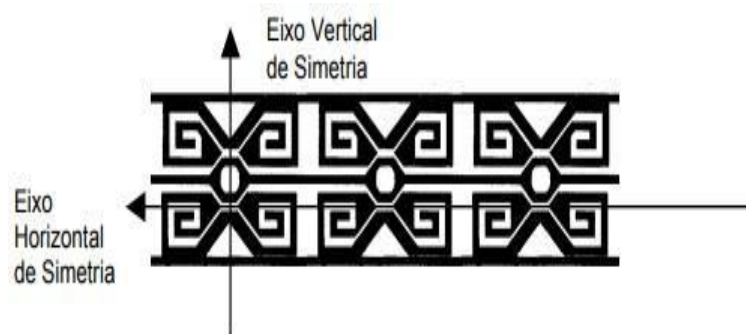
Os estudos de Bruno Latour e da TAR enfatizam que humanos e não humanos são igualitários na questão da pesquisa científica, ou seja, sem dualidades entre eles e sugerem que analisemos com a mesma lente tanto humanos quanto não humanos (*actantes*). Isso vale para

os domínios em que fenômenos naturais, políticos e sociais acontecem. O sociólogo propõe a quebra de antigas dicotomias e do modo pelo qual o conhecimento científico tem sido construído. Dessa forma, para Latour, deve-se romper com ideologias permanentemente e explicar com os mesmos termos as verdades e os erros, estudando, em conjunto, a produção de humanos e não humanos. Examinar os acertos e fracassos pelo mesmo ponto de vista é simetria!

Conforme Alzamora, Ziller e Coutinho (2021, p. 102), o segundo princípio da simetria generalizada da TAR estabelecia que nós jamais fomos modernos, que em nenhum lugar se fazem na prática as bifurcações entre sujeito e objeto, entre humanos e não humanos, idealizadas pelos que se dizem modernos. Uma pesquisa realizada em uma aldeia ou cidade de uma civilização antiga, por exemplo, tem o mesmo valor que um estudo mais atual, com toda a estrutura tecnológica, programas de computadores, entre outros casos mais evoluídos.

Na Matemática, por exemplo, é possível visualizar a simetria parcial ou total não apenas nas figuras geométricas tradicionais, mas também no natural (plantas, animais, pedras, protozoários, entre outros) e no social (Educação, Arte, Cultura, Política, Religião, Economia etc.). Notem na Figura 4 que a arte “respira” simetria, e a Matemática se faz presente neste contexto.

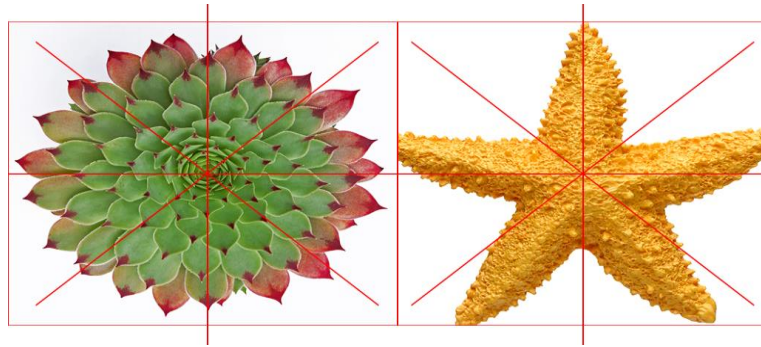
Figura 4 – Simetria na arte ceramista



Fonte: Adaptado de Ferrete e Mendes (2004, p. 9).

Na Figura 4, dois eixos de simetria estão envolvidos no caso — horizontal e vertical — passando pelo centro da figura. É possível notar uma rotação de 180° da matriz geométrica sobre o eixo vertical e o horizontal, por meio de movimentos de rotação. Nas Figuras 5 e 6, por exemplo, visualizamos como a simetria também está presente na natureza, tendo em vista que diversos animais, plantas, protozoários, entre outros, contêm tais características simétricas. Tais características podem ser: bilaterais, radiais, fractais, provenientes de luz e som etc. Observem os detalhes dessas figuras, remetendo ao equilíbrio e proporção, padrão e regularidade, ordem e beleza.

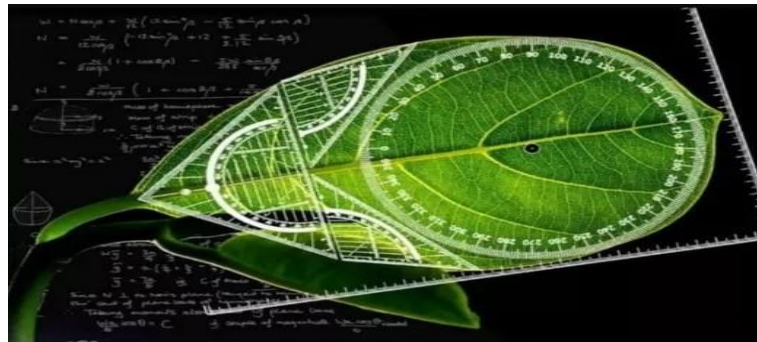
Figura 5 – Simetria radial na natureza



Fonte: Museu WEG de Ciência e Tecnologia (2022).

Vejam que, nesse tipo de simetria, todos os eixos se encontram como se partissem do centro para as extensões da imagem. Esse tipo de simetria é mais comum em plantas redondas, as quais, sendo giradas, dão a impressão (ilusão de ótica) de que se visualiza um círculo, devido à proporcionalidade no tamanho de suas folhas. A simetria observada na natureza, contempla formas vivas e inanimadas.

Figura 6 – Simetria radial na natureza



Fonte: G1 Santarém (2020).

Podemos encontrar simetria sob as mais diversas formas e em diferentes locais. Em termos de simetria generalizada, a sugestão, segundo Law (1986), na tentativa de eludir o dualismo agência/estrutura, seria que o social não observasse apenas o que é verdadeiro para a ciência (o falso dá valor ao verdadeiro). Isso também vale para outras instituições, como a família, os sistemas de computadores, a economia, entre outras — a vida social completa. São todos “agentes”. Outras entidades também poderão ser agentes.

Na verdade, os esforços pela agência e por sua atribuição são um traço importante da vida social (Law, 1986). Segundo Latour (1994, p. 52),

“em rede”, o mundo moderno, assim como as revoluções, permite apenas prolongamentos de práticas, acelerações na circulação dos conhecimentos, uma

extensão das sociedades, um crescimento do número de actantes, numerosos arranjos de antigas crenças. Quando olhamos para elas ‘em rede’, as inovações dos ocidentais permanecem reconhecíveis e importantes, mas não há o bastante aí para se construir toda uma história, uma história de ruptura radical, de destino fatal, de tristezas ou felicidades irreversíveis.

Portanto, segundo o “*princípio de simetria generalizada*”, na relação *sujeito-objeto* alinhavada por Latour (2012, p. 158), dizer que os objetos têm agência significa que eles estão associados “de tal modo que fazem outros atores fazerem coisas”. A literatura ainda nos traz a importante informação de que o próprio pesquisador ou investigador também é considerado um *actante*.

Segundo Amillis, Bussular e Antonello (2016, p. 15), ancorado na TAR,

o investigador necessita imergir no cotidiano estudado, de modo a vivenciar e compartilhar as experiências pesquisadas. Tal atitude exige do pesquisador um compromisso ético com os sujeitos pesquisados no desenvolvimento de suas práticas, uma vez que ele passa a integrar a rede de actantes.

Os autores em seus estudos, com um olhar rebuscado às relações, baseados em Law (1992) e Latour (2005), debatem a noção de agência dos humanos e não humanos (*actantes*), buscando a não dicotomização entre esses elementos, nesse contexto, procurando identificar e discutir as contribuições da TAR sem menosprezar o humano. Para relembrarmos, na obra “*Jamais fomos modernos*”: *ensaio de antropologia simétrica*, Latour (1994) introduz uma perspectiva que sustenta o mesmo nível de atenção para os atores humanos e não humanos. Nas próprias palavras do sociólogo, “o segredo é definir o ator com base naquilo que ele faz – seus desempenhos [...]. Uma vez que, em inglês, a palavra *actor* (ator) se limita a humanos, utilizamos muitas vezes *actant* (atuante), termo tomado à semiótica, para incluir não-humanos na definição” (Latour, 2001, p. 346).

Bruno Latour propõe alianças entre atores (humanos e não humanos) por meio de construções coletivas alicerçadas na *formação* de uma complexa rede, “cujas admiráveis simetrias nos permitem compreender de outra forma todo nosso passado” (Latour, 1994, p. 15). O humano não é vítima do processo, mas não se pode afirmar que seja um protagonista autônomo em ação (Latour, 2012). A TAR também pressupõe o rompimento com as dualidades *sujeito-objeto* (Braga; Suarez, 2018).

Segundo Milanês (2021), uma das questões mais importantes das contribuições teóricas de Latour é a ideia de que Natureza e Sociedade devem ser tratadas num mesmo plano, e não de maneira assimétrica, tal como a Ciência tem feito ao longo dos anos. Dessa forma, conforme Milanês (2021, p. 7),

Latour (2013) propõe como saída a tentativa de superar esse abismo entre homens e coisas, entre sociedade e natureza e entre Ciências Sociais e Ciências Naturais, através de um princípio de simetria, que busca explicar natureza e sociedade com igualdade de tratamento e não como uma distinção bipolar e assimétrica.

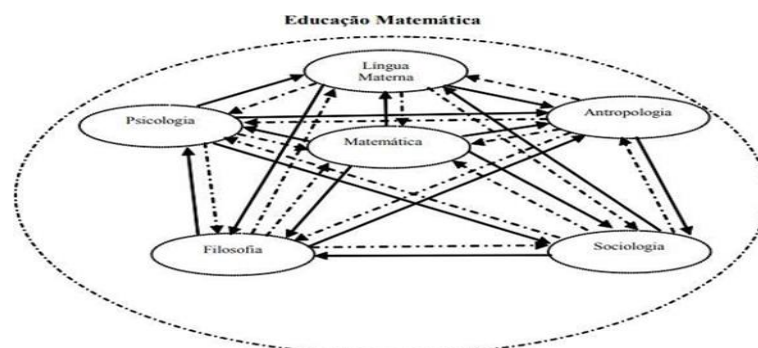
A proposta de Latour contribui de modo significativo em termos matemáticos, pois a relação da Matemática com diferentes áreas do conhecimento e a Educação Matemática de forma híbrida e simétrica pode ser viabilizada no contexto da Modelagem, tendo em vista que esta era trabalhada focando exclusivamente o sujeito da ação. Porém, o objeto também tem agência, ou seja, “faz e faz fazer”.

A TAR representa uma tentativa de superar a ideia da mente cartesiana e seus decorrentes dualismos (Santaella; Cardozo, 2015), nos quais tanto a natureza quanto a sociedade deveriam ser explicadas a partir de um quadro comum e geral de interpretação (Freire, 2006).

4.5 As associações da Matemática com diferentes áreas do conhecimento e a Educação Matemática

Os estudos de Burak e Klüber (2008) contemplam uma configuração que mostra as inter-relações que fundamentam a Educação Matemática. Nela, a Matemática interage com as diferentes áreas do conhecimento, destacando a importância da língua materna para a comunicação, como pode ser observado na Figura 7.

Figura 7 – Nova Configuração da Educação Matemática



Fonte: Burak e Klüber (2008, p. 98).

Para Klüber (2008, p. 5), a área de Educação Matemática é vista como híbrida. “Uma área híbrida manifesta isso porque, quando se faz educação, é em relação a algo e, esse objeto tem suas particularidades a serem levadas em consideração. Entretanto, o próprio entendimento sobre ele se modifica e altera o objeto”. Segundo Oliveira (2016), a escola e os demais ambientes de aprendizagem podem desenvolver *formAção* em espaços diversos, a exemplo de

pontos de ônibus, praças, jardins, parques e feiras livres. “A escola deixa de ser o único espaço para ensinar e aprender, a *formação* pode dar-se em diferentes lugares: educação a distância, educação por diferentes modos, educação em diferentes espaços — a praça educa, o ponto de ônibus, o smartphone, etc.” (Oliveira, 2016, p. 35).

Devemos levar em consideração também a configuração híbrida da escola e desses ambientes por meio da associação. Isso envolve desde sua origem entre indivíduos e tecnologias até os objetos infocomunicacionais. Não há como negar essa presença. Tornamo-nos híbridos.

Oliveira (2016, p. 47) destaca essa ideia:

É preciso entender que a configuração da escola e dos ambientes de aprendizagem são sempre híbridos. São formados naturalmente pela associação entre indivíduos e tecnologias/objetos, quer dizer, desde sua origem (como abordamos anteriormente com a origem da materialidade escolar) e, principalmente, hoje com as tecnologias digitais e os objetos infocomunicacionais, e não pela separação hierarquizada destes em sujeito dono da ação e do objeto inerte e passivo, em todas as situações.

A ideia é semelhante à da TAR, uma vez que se utiliza do mesmo vocabulário, visto que Latour inicia sua argumentação em “*Jamais fomos modernos*” com uma manifestação da *formação* de híbridos e uma conjectura sobre como assuntos envolvendo a ciência e a política, por exemplo, são tratados de forma separada por boa parte da modernidade. Uma divisão entre as áreas do conhecimento e as práticas científicas também é observada pelo sociólogo. Os exemplos que Latour elenca referem-se a assuntos tratados em jornais, nos quais uma confusão entre cultura e natureza é instaurada, criando, assim, uma mistura (os híbridos).

Dessa forma, para Latour (1994, p. 9),

nós mesmos somos híbridos, instalados precariamente no interior das instituições científicas, meio engenheiros, meio filósofos, um terço instruídos sem o que desejássemos; optamos por descrever as tramas onde quer estas nos levem. Nosso meio de transporte é a noção de tradução ou rede.

Portanto, em nosso entendimento e, com base no exposto, a escola e os demais ambientes de aprendizagem são classificados também como híbridos. Dessa forma, reforçamos que, na Educação Matemática, o ambiente de Modelagem, como é tratado ou trabalhado, foca apenas no(s) sujeito(os) da ação. O leitor pode observar que, com relação à noção de espaços de relações, segundo Barbosa (2007), estes significam os encontros entre aluno-aluno e aluno-professor para discutir sobre as tarefas de Modelagem. Consideremos os espaços de interação como ambientes híbridos, ou seja, com foco na relação *sujeito-objeto*, assim proposta por Latour (2012), o que caracteriza a rede sociotécnica como já dito. Com essa noção, Latour (2012) propõe a quebra das linhas divisórias tradicionais entre Ciências Sociais e Ciências Naturais, ou seja, não há como separar o “técnico do cultural”, por exemplo.

Com base nessa perspectiva, na Modelagem, sujeitos e objetos se afetam constantemente (agenciamentos), numa rede de ligações. Dessa forma, há sempre associações entre os *actantes* (humanos e não humanos): professor, alunos, objetos técnicos, natureza, entre outros, sem segregação, sem peso maior ou menor atribuído a qualquer que seja o *actante*. Pelo fato de o trabalho de Modelagem ser pesquisa e envolver humanos e não humanos em constantes associações, podemos dizer que esse ambiente também é híbrido.

Na visão de Santaella e Cardoso (2015, p. 168), em “O desconcertante conceito de mediação técnica em Bruno Latour”, trata-se de um movimento denominado mediação técnica:

o conceito de mediação técnica exige que o social seja visto como o produto de uma associação entre atores humanos e não humanos, funcionalmente simétricos na teoria do ator-rede (TAR). [...] como os sistemas sociais híbridos, compostos por humanos e por artefatos técnicos, se organizam e quais as formas gerais dessa organização?

Ao partirmos do pressuposto de que sujeitos e objetos serão sempre híbridos (Lemos 2013), os *actantes* entram em contato uns com os outros, “misturam-se”, interagem e se afetam, surgindo novos seres (estudantes com lápis, caderno, lista com situações-problema, *smartphone*, *tablet*, computador, quadro da sala de aula ou quaisquer que sejam os objetos técnicos e/ou ambientes em que se encontrem e interajam com não humanos).

Lemos (2013, p. 19-20) afirma que os objetos não humanos invadem todas as áreas da vida cotidiana, revelando o domínio da técnica e, cada vez mais, articulando a vida social:

Humanos se comunicam. E as coisas também. E nos comunicamos com as coisas e elas nos fazem fazer coisas, queiramos ou não ... “Cada vez mais não-humanos agora ‘inteligentes’, comunicativos, conectados e sensíveis ao ambiente”, nos fazem fazer coisas, alterando a nossa forma de pensar e de agir, em todos os domínios da cultura (família, trabalho, escola, lazer).

Portanto, humanos e não humanos (em constante evolução), no tocante ao ambiente, comunicam-se e fazem fazer coisas. Para tentar resolver situações de Modelagem, por exemplo, nesse ambiente, por meio das conexões e agenciamentos dos *actantes* em questão, eles se tornarão novos seres. Eles não agem mais sozinhos; e a mistura e/ou associações entre humanos e não humanos acontece, determinando uma nova criatura. São, portanto, híbridos e geram a rede sociotécnica.

Segundo Queiroz e Melo e Moraes (2016), a pluralidade ontológica, defendida por Latour (2012), admite que um indivíduo não pode ser compreendido como um ser isolado e só faz sentido em contraste com outros indivíduos, em relação ao meio com o qual está em conexão ou do qual emerge. Não há destaques, pois o processo é igualitário, dinâmico e contínuo sem individualizar a matéria no mundo vivo, mas sim valorizando o conjunto. Por outro lado, muitas

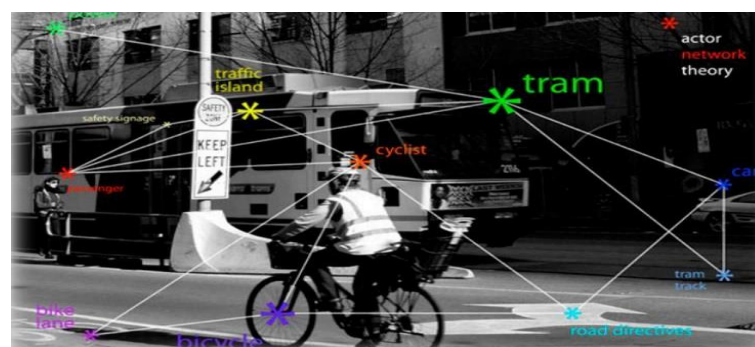
críticas são tecidas à TAR. Por exemplo, a “rede” é comparada com a da internet; mas Latour (1997) condena essa ação, pois a internet, as estruturas fixas, bem como a sociedade não atuam como o rizoma de Deleuze e Guattari (1995), significando translação, transformação e deslocamento. A seguir, traremos alguns estudos que se aproximam da Modelagem como rede sociotécnica, grafos nesse contexto, bem como outras representações da TAR.

4.6 Representações da TAR e estudos que se aproximam da Modelagem como rede sociotécnica

No livro *Reagregando o social*, Latour (2012, p. 23) critica a maioria dos cientistas sociais que, segundo o sociólogo, preferem chamar “social” a algo homogêneo ele e o designa como “uma série de associações entre elementos heterogêneos”. Dessa forma, a TAR abarca um conjunto heterogêneo de elementos — animados e inanimados, naturais ou sociais (Dagnino, 2010). Os atores que compõem a rede, mostrada na Figura 8 se interligam ou se conectam em um ambiente híbrido.

Conforme Latour (2012, p. 75), o “ator”, na expressão hifenizada “ator – rede”, não é a fonte de um ato e sim o alvo móvel de um amplo conjunto de entidades que enxameiam em sua direção. Isso explica o uso do hífen nas expressões: *FormAção-continuada* e *ensino-aprendizagem*, utilizadas nesta pesquisa. Além disso, Latour (2012, p. 75) ainda acrescenta que “empregar a palavra ‘ator’ significa que jamais fica claro quem ou o que está atuando quando as pessoas atuam, pois o ator, no palco, nunca está sozinho ao atuar”. A TAR considera vínculos formados entre pessoas, textos, matérias, entre tantos outros elementos envolvidos, mesmo de provisoriamente, compondo um fenômeno (Latour, 1994, 2012). A Figura 8 mostra uma das tantas representações da TAR, a qual nasce e se desenvolve em torno do debate sobre onde, como e se é possível estabelecer limites entre sociedade e tecnologias (Bijker; Law, 1992).

Figura 8 – Exemplo de representação da Teoria Ator-Rede



Fonte: Adaptado de Tonelli (2016, p. 2).

Notemos, na Figura 7, como se comporta a rede de ligações. Ela envolve diversos *actantes*. A Matemática está presente a todo momento, ou seja, tudo a nosso redor pode ser representado e entendido, por meio dela, num processo simétrico. De modo geral, a rede pode ser ampliada ao surgir controvérsias e outras situações. A pesquisa que mais se aproxima do que pretendemos neste estudo é a que segue:

“Modelagem Matemática com Produção de Vídeos Digitais: reflexões a partir de um estudo exploratório” (Borba; Canedo Junior, 2020). Tal trabalho baseia-se nas lentes teóricas do construto seres-humanos-com-mídias e da semiótica social. Assim, parte “da perspectiva epistemológica de que o conhecimento resulta das inter-relações dos atores humanos com as distintas tecnologias da inteligência, ou mídias, no âmbito de coletivos pensantes de seres-humanos-com-mídias” (Borba; Canedo Junior, 2020, p. 4). Daí, “a produção de conhecimentos envolve ações de um coletivo pensante composto por atores humanos e mídias” (Borba; Canedo Junior, 2020, p. 8).

Apesar do exposto, faz-se necessário um avanço nos estudos, no tocante à agência dos objetos, isto é, humanos e não humanos (*actantes*) juntos podem ser protagonistas em ação. As afetações entre seres humanos, mídias, máquinas, entre outros não são efetivamente citadas pelos autores. Vale lembrar que, na relação *sujeito-objeto*, Latour (2005) nos orienta a seguirmos os rastros dos *actantes*, suas associações e/ou controvérsias, sem tentar resolvê-las.

Os estudos de Oliveira (2022) levaram-no à configuração de uma abordagem para o desenvolvimento de atividades de Modelagem articulada à TAR, apresentando a Modelagem como um campo de estudos que trata da construção de modelos matemáticos a partir da descrição de redes sociotécnicas. O autor aborda duas pesquisas: “Modelagem Matemática Crítica-Ética-Simétrica: uma perspectiva em construção” (Oliveira; Souza, 2019) e *Modelagem Matemática articulada à teoria ator-rede em uma casa de farinha em Breves-PA* (Oliveira, 2022). A última obra é uma tese de Doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências em Matemática da Universidade Federal do Pará (PPGECM/UFGPA); e a primeira, um recorte dela. Apesar de explicitar o uso da TAR, o foco está no sujeito.

De modo geral, tais trabalhos não consideram a agência dos objetos (o que eles nos fazem fazer). O fato é que Oliveira (2022) descreve uma rede sociotécnica partindo da prática de produção de farinha no município de Breves, no estado do Pará, articulando elementos da TAR e da Modelagem. Conforme esse autor, essa conexão deve considerar o desdobramento simétrico e híbrido dos *actantes* de um coletivo social para o desenvolvimento de atividades. Segundo Oliveira (2022, p. 55),

atividades de modelagem matemática articuladas à Teoria Ator-Rede envolvem todos os tipos de relações entre humanos e não-humanos, em uma determinada prática sociocultural antes de se construir um modelo matemático. Nessas ações, os desenvolvedores de atividades de modelagem matemática devem iniciar o processo pela atenção às referidas práticas, com o intuito de descreverem redes sociotécnicas, para em seguida darem continuidade às demais etapas das atividades de modelagem matemática.

Desse modo, o autor indica a configuração das etapas de uma tarefa de Modelagem por meio de uma abordagem articulada à TAR, destacando as regiões de possibilidades em função da agência de humanos e de não humanos no transcurso dessas etapas. Segue tal configuração, por meio do Quadro 4:

Quadro 4 – Etapas de Modelagem articulada à Teoria Ator-Rede

Etapas
Prática performada
Descrição sociotécnica
Identificação de problemas
Figurações matemáticas
Configuração matemática
Socialização de móvel imutável

Fonte: Oliveira (2022, p. 57).

Notamos no Quadro 3 que o próprio esquema apresentado é por si só controverso, pois não é autoexplicativo, apesar de a descrição sociotécnica ser elencada na pesquisa. Mas, em nosso entendimento, com base nos estudos da TAR, não se trata de uma descrição bem-feita, como propõe Bruno Latour. Latour não trabalha com categorias *a priori*. Portanto, deixa “brechas”, segundo o olhar da TAR. Seguindo com a análise deste trabalho, nas tarefas de Modelagem articulada à TAR, conforme Oliveira (2022), depois de ser escolhida uma prática sociocultural, deve-se fazer uma observação do ambiente em que ocorreu a prática, destacando indagações.

As indagações partem de seus porta-vozes, identificando atores-rede, questões a serem respondidas, figurações matemáticas e uma configuração matemática que deve ser apresentada em um ambiente escolar como um “diplomodelo”. Seria como etapas de Modelagem para chegar a modelos matemáticos. O autor enfatiza que todo o processo deve ser apresentado por escrito aos outros estudantes e professores (observado aqui, por exemplo, o foco no sujeito, o que caracteriza uma visão dualista). Porém, Oliveira (2022, p. 54) ainda destaca em seu trabalho que

a Modelagem Matemática articulada à Teoria Ator-Rede deve considerar o desdobramento simétrico e híbrido dos actantes de um coletivo social, para o desenvolvimento de atividades de modelagem matemática. Dessa maneira, o olhar quanto à identificação de elementos matemáticos deixa de ser primordialmente escolar ou acadêmico para priorizar as práticas matemáticas de determinado coletivo social, com o propósito de se construir enunciados a partir de inscrições locais, ou seja, inscrições enraizadas em uma determinada prática sociocultural.

O leitor poderá observar que, para Oliveira (2022), o trabalho com Modelagem articulada à TAR deve envolver simetria e hibridização, então não se pode dar protagonismo a qualquer que seja o *actante* desse coletivo social. Entendemos que tal fato ocorre quando o autor, na descrição sociotécnica, nomeia, ficticiamente um Alfa e um Beta (para destacar dois *actantes* humanos), produtores locais de farinha envolvidos na produção. Os produtores são entrevistados pelo pesquisador no citado trabalho; entretanto, o pesquisador dá protagonismo ao sujeito: entrevista Alfa e Beta, faz uso de questionário e, assim, direciona e altera, ou influencia, os resultados da investigação. Há controvérsias no próprio uso da TAR neste caso. Precisamos “ouvir a voz” dos demais *actantes*, pois eles também promovem ação.

As controvérsias são acontecimentos muito difíceis de serem observados na vida grupal. Lemos (2013, p. 55) reforça que a controvérsia

é o lugar e o tempo da observação, onde se elaboram as associações e o “social” aparece antes de se congelar ou se estabilizar em caixas-pretas [...]. Olhar as controvérsias é olhar as redes em formação na disputa pela estabilização. Quando elas cessam, surgem as caixas-pretas.

A disputa pela estabilização das controvérsias é movida por dois fatores: a ciência pronta e a ciência em construção. Latour (2011) propõe a utilização de contextos diferentes para a apresentação da história do mesmo objeto, por meio do resgate de eventos históricos, com base em *flashbacks* (eventos ocorridos anteriormente), seguindo o modelo *caixa-preta*. “Nossa entrada no mundo da ciência e da tecnologia será pela porta de trás, a da ciência em construção, e não pela entrada mais grandiosa da ciência acabada” (Latour, 2011, p. 17). Segundo Latour (2011, p. 14), “a expressão caixa-preta é usada em cibernética sempre que uma máquina ou um conjunto de comandos se revela complexo demais. Em seu lugar, é desenhada uma caixinha preta, a respeito da qual não é preciso saber nada, senão o que nela entra e o que dela sai”.

A controvérsia também é definida nos documentos do consórcio Macospol, *MApping COntroversies in Science and technology for POLitics* (2007), um projeto de pesquisa da Europa denominado, fundado e liderado por Bruno Latour, em parceria com várias instituições de ensino no mundo. Segundo seu relatório final, a palavra *controvérsia* refere-se a toda parte da ciência e da tecnologia que ainda não está estabilizada, desde as incertezas totais até o fechamento total de questões em que administradores, cientistas e cidadãos em geral lidam com

as diferentes circunstâncias do mundo real. Conforme Lemos (2013), a condição de estabilização das controvérsias é momentânea, podendo ocorrer instabilidade, quando surgem novos *actantes*, suas agências e/ou novas associações.

Os termos *caixa-cinza* e *caixa-preta* são usados por Latour (2011) para exprimir os dois estágios de uma controvérsia. As *caixas-cinzas* seriam as questões não resolvidas, ou seja, fenômenos em construção, quentes e instáveis. As *caixas-pretas* dizem respeito aos fenômenos pacificados, ou seja, já consolidados, frios e estáveis. Conforme Venturini (2010, p. 18, tradução nossa), “quando observamos controvérsias, focamos no lado líquido. Quando descrevemos controvérsias, contribuímos para a solidificação de algumas porções do magma social”.

Dessa forma, Venturini (2010), fazendo uso da metáfora do *magma*, refere-se às controvérsias em sua complexidade, representando o social em estado magmático, no qual a vida coletiva é fundida e forjada. Portanto, o autor considera a *formação* das rochas pela lava líquida quente (*caixa-cinza*) e fria (*caixa-preta*), ao passo que, esfriando, solidifica-se. Latour (2012, p. 44) enfatiza que a TAR permite que os atores desdobrem o leque de controvérsias nas quais se envolveram para vislumbrar ordem, sem discipliná-los:

a TAR se considera mais capaz de vislumbrar ordem depois de deixar os atores desdobrarem o leque inteiro de controvérsias nas quais se meteram. É como se disséssemos aos atores: Não vamos tentar disciplinar vocês, enquadrá-los em nossas categorias; deixaremos que se atenham a seus próprios mundos e só então pediremos sua explicação sobre o modo como os estabeleceram.

Latour (2012) ainda indica que a melhor opção é rastrear conexões entre as próprias controvérsias do que tentar resolvê-las para recuperar certo senso de ordem. O sociólogo afirma que buscar ordem, rigor e padrão não é descartado. Essa possibilidade deve ser “apenas reposicionada um passo à frente sob a forma de abstração, para que os atores possam desdobrar seus próprios diversos cosmos, pouco importa quão irracionais pareçam” (Latour, 2012, p. 44).

O autor ainda afirma que “não há sociedade”, mas o coletivo de redes sociotécnicas formadas por humanos e não humanos, em associações (afetações) e, por meio da primeira fonte de incerteza, alerta que “não há grupo, mas sim a *formação* de grupos” (Latour, 2012, p. 49). O processo, para Latour, consiste na construção e desconstrução, ocorrendo agrupamentos, desagrupamentos e reagrupamentos, num movimento constante.

Oliveira (2022) deixa claro em seu trabalho que separou os *actantes* em dois grupos distintos, sendo o primeiro composto por *Alfa e Beta* e o segundo pelos demais, também responsáveis pela produção da farinha numa casa de farinha. Começa-se pela roça de mandioca até chegar à finalização do processo. Se o grupo não está em *formação*, não existe! Para a TAR,

se você parar de fazer e refazer grupos, parará de ter grupos. Conforme Latour (2012), relacionar-se com um ou outro grupo é um movimento sem fim constituído por laços incertos, frágeis, controvertidos e mutáveis. O autor vai além: “Se o social permanece estável e consegue justificar um estado de coisas, não é ANT” (Latour, 2012, p. 30). Nas palavras do sociólogo,

para empregar um *slogan* ANT, cumpre “seguir os próprios atores”, ou seja, tentar entender suas inovações frequentemente bizarras, a fim de descobrir o que a existência coletiva se tornou em suas mãos, que métodos elaboraram para sua adequação, quais definições esclareceriam melhor as novas associações que eles se viram forçados a estabelecer (Latour, 2012, p. 31).

Portanto, para Latour (2012, p. 31), “já não basta restringir os atores ao papel de informantes de casos de tipos bem conhecidos. [...] É preciso devolver-lhes a capacidade de elaborar suas próprias teorias sobre a constituição do social”. Suponha o leitor que, numa tarefa de Modelagem, por exemplo, desenvolvida em mais de um encontro, ocorra a *formação* de grupos, do primeiro ao último encontro. Tal *formação* será a mesma para todos os encontros?

É bem provável que não, pois tais *formações* poderão sofrer alterações a cada novo encontro, devido a imprevistos que inviabilizem a condição de participantes (humanos e não humanos), a exemplo de problemas de saúde e/ou de ordem pessoal. Artefatos tecnológicos poderiam apresentar defeitos, além de haver problemas de deslocamento até o local da realização da tarefa, situações climáticas adversas etc. Assim, novas *formações* de grupos podem ocorrer com participantes a menos ou a mais em relação ao primeiro encontro.

Os *actantes*, nessa situação, desencadearão diversas afetações, alterando ou interrompendo o fluxo da rede, pois os hiatos, constantemente, aparecem. A rede pode ser estabilizada ou não. Todas, uma ou mais *formações* poderão sofrer alterações durante a implementação da tarefa de Modelagem, e outros grupos poderão surgir e interromper mais uma vez o fluxo da rede por meio de outras afetações dos *actantes*, os quais “fazem e fazem fazer”. Tais situações trarão consequências aos resultados da investigação.

Dessa forma, reafirmamos com Latour (2012) que não há grupos, senão a *formação* de grupos. Mas, considerando o desfecho das ações, não podemos dizer que haverá a estabilização da rede. O que queremos dizer sobre a situação do trabalho de Oliveira (2022) é que outros *actantes* (não humanos) também compõem o coletivo, a exemplo da mandioca (matéria-prima da farinha), mas não entraremos em detalhes específicos. Eles são enumerados pelo autor, bem como suas descrições na produção da farinha.

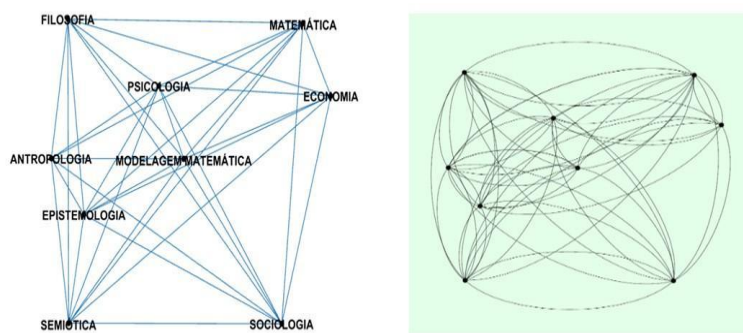
Os *actantes* citados seriam: cevadeira, prensa, forno, rodo de madeira, peneira de aço, bacias de madeira, camburões, sacas de fibras com suporte para 60 quilogramas, lata de ferro com suporte para 18 litros, sacos plásticos com suporte para 30 quilogramas, prato dosador e

lenha etc. Com base no exposto, Oliveira (2022) atribui “peso” ou importância menor a tais *actantes* do que a Alfa e Beta, ou seja, de certo modo, fere o “Princípio de Simetria”, proposto por Bruno Latour.

O protagonismo dado aos humanos Alfa e Beta é uma grande controvérsia, e o “não ouvir das vozes” dos demais *actantes* (outros humanos e os não humanos da produção de farinha) também é controverso. Confundir um modo com outro desencadeia o risco de cometer um erro de categoria (Latour, 2019). O que Latour (2012) recomenda é que percebamos as associações e rastreemos as pistas deixadas pelos *actantes* em suas associações, percebendo as conexões existentes. Quais as afetações entre os actantes (humanos e não humanos) na fabricação da farinha de mandioca? O que tais *actantes* “fazem e fazem outros fazerem”?

Salientamos que compreendemos a Modelagem com essa perspectiva, baseando-nos no coletivo, ou seja, na relação *sujeito-objeto* e nas associações entre humanos e não humanos que compõem a rede. Esquivamo-nos do foco apenas no sujeito da ação (humanos), como propõem os estudiosos da TAR, a exemplo de Bruno Latour, num desenho que tem como ideia principal a relação *sujeito-objeto*. A Modelagem com essas características teria uma perspectiva voltada à pluralidade ontológica para elaborar estratégias, no intuito de o coletivo criar caminhos para chegar às devidas soluções de situações-problema de Matemática. A Figura 9 apresenta uma ideia de como se comporta a Modelagem como rede sociotécnica:

Figura 9 – Grafo da Modelagem como rede sociotécnica



Fonte: Baseado no modelo de Burak e Klüber (2008).

A Figura 9 mostra o comportamento da Modelagem como rede sociotécnica, estabelece ligações e/ou relações, constitui laços por meio da Matemática. Conforme Silva e Barbosa (2018, p. 3), “quando se fala em redes sociotécnicas faz-se referência a um aglomerado de relações humanas com os objetos/coisas, bem como da interação destas partes distintas”. Pode-se aplicar tarefas de Modelagem em diversas áreas do conhecimento, num contexto

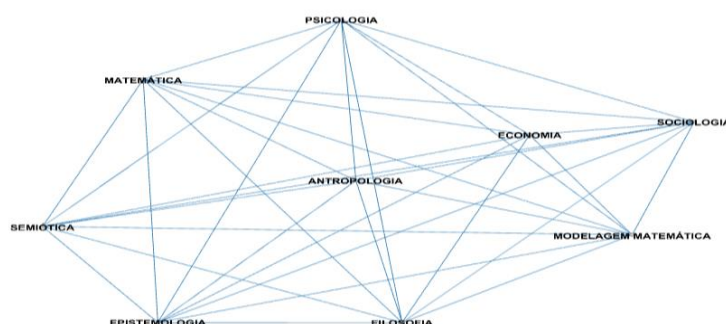
interdisciplinar e criativo, pois ela interage com outras ciências além da Matemática, numa rede de ligações entre humanos e não humanos.

Na configuração apresentada, no trato da Modelagem, por exemplo, não há etapas definidas nas tarefas, ou seja, cada cenário se constitui como uma rede que se modifica constantemente, podendo seu fluxo ser interrompido, retomado novamente, estabilizado ou não. Poderão surgir novos *actantes* e afetações entre eles, performando essa rede. Podemos, por exemplo, aplicar uma tarefa de Modelagem envolvendo Sociologia, Semiótica, Economia, Filosofia, Epistemologia, Filosofia e Antropologia num contexto interdisciplinar e criativo. Para Salgado (2019, p. 18),

a especificidade da mediação na Sociologia das Associações ou TAR reside no entendimento de que esta é sociotécnica ou híbrida, ou seja, partilhada entre os diversos atores que são levados a agir mutuamente. O modo de descrever essa distribuição de ações que enredam humanos e não humanos é a rede.

Portanto, uma rede sociotécnica não tem como base apenas a reunião de recursos e informações, mas, além desses, a reunião de indivíduos, num coletivo híbrido composto por humanos e não humanos (Latour, 1994). Dessa forma, segundo Silva e Barbosa (2018, p. 2), em concordância com Latour (1994), “trata-se de coletivos híbridos, em uma estrutura não linear, um ambiente propício de produção e disseminação de conhecimento, formando desenhos, arranjos e vínculos sociais”. Vejamos nas Figuras 10 e 11 que nada está estagnado, congelado, estabilizado, e a rede é performada constantemente:

Figura 10 – Grafo da Modelagem como rede sociotécnica na perspectiva contínua

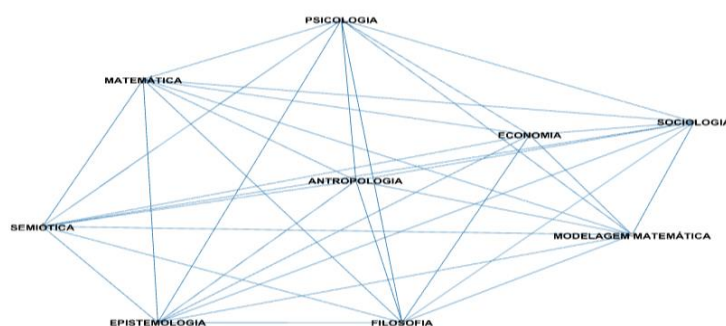


Fonte: baseado no modelo de Burak e Klüber (2008)

Latour (2012, p. 23) garante que a TAR “sustenta ser possível rastrear relações mais sólidas e descobrir padrões mais reveladores quando se encontra um meio de registrar os vínculos entre os quadros de referência instáveis e mutáveis, em vez de tentar estabilizar as redes”. Sendo assim, para ele, seria melhor ver nas redes os ingredientes essenciais de nossa vida coletiva, não atendo-se apenas a agregados sociais compostos apenas por indivíduos,

organizações, classes, entre outros (Latour, 2012, p. 50). Vejam por meio da Figura 11 mais um reposicionamento dos *actantes* no Grafo da Modelagem tomada como rede sociotécnica em performance contínua.

Figura 11 – Grafo da Modelagem como rede sociotécnica na perspectiva contínua



Fonte: Baseado no modelo de Burak e Klüber (2008).

Notemos nas Figuras 10 e 11, derivadas da Figura 9, exemplos de como se comporta a rede não estagnada, não estabilizada, sem começo, meio e fim, performando-se constantemente, num movimento de descongelamento por translação, seguindo a perspectiva contínua. Conforme Cerreto e Domenico (2015, p. 5), na perspectiva contínua,

a organização é emergente e auto-organizada; a mudança, portanto, não tem começo, meio ou fim. A forma de intervenção ocorre mediante o congelamento do processo contínuo (por meio de visualização deste por mapas, esquemas e relatos), rebalanceamento (reinterpretando, alterando o sequenciamento) e descongelamento (por improvisação, translação ou aprendizado).

Com a manipulação de grafos, alternando as posições das arestas (laços ou ligações) e dos nós (rótulos), como apresentado, notamos associações entre *actantes*, numa alteração das posições e seqüências. Lembramos que a própria rede também é considerada um *actante*, segundo Latour (2012). Portanto, para Medeiros e Ventura (2008, p. 12), “a rede sociotécnica não é construída — ela se autoconstrói”. Todavia, a afirmação deste autor é controversa, pois, conforme a TAR, a rede sociotécnica é construída de forma coletiva (por humanos e não humanos).

A TAR associa-se à Matemática de tal forma que ambas contemplam aspectos sociais, políticos, culturais, tecnológicos etc., mas deve ir além do laboratório, como propõe Latour (2012). Latour (1994) compreende o híbrido a partir do conjunto de humanos e não-humanos, natureza e cultura, na produção de suas ações, envolvendo contextos culturais digitais e/ou analógicos, promovendo a construção de redes heterogêneas. Cada artefato tem um programa de ação (os painéis dependem do sol, no caso da energia solar, por exemplo), suas controvérsias,

estabilizando ou não essas entidades. Mapeia-se, assim, também caminhos que não levaram ao esperado, considerando sempre o surgimento de hiatos (pequenas interrupções), retomada do fluxo e novas associações em uma rede mutável.

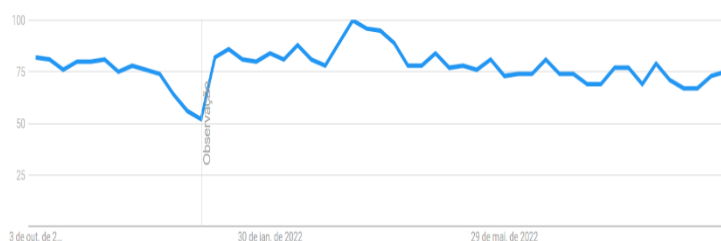
No capítulo seguinte, trataremos de um assunto ainda considerado “quente” nos meios de comunicação, incluindo as mídias digitais. Segundo o *Portal GI* (2023), em constante crescimento, a energia solar fotovoltaica já é uma realidade em todo o mundo, conquistando espaço expressivo também no Brasil. Ocupa o segundo lugar em geração de energia elétrica no país.

5 A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica, atualmente, tem sido um assunto muito discutido. Trata-se de uma fonte que vem crescendo ao longo dos últimos 30 anos no mundo, após avanços tecnológicos nesse campo. Países considerados potências mundiais buscam novas formas de energia, com o objetivo de diminuir a dependência de combustíveis fósseis e a “agressão” ao meio ambiente, com a possibilidade de geração de energias limpas ou “verdes”.

Mas, a nível de pesquisas no Brasil, como saber ou comprovar que o tema *energia solar* ainda seria considerado influente? Com a utilização do programa *Google Trends*¹², consideramos o intervalo de tempo de janeiro a maio de 2022, realizamos uma busca na internet para verificarmos o interesse ao longo do tempo sobre o tema *energia solar fotovoltaica*. Os resultados podem ser vistos no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Energia solar fotovoltaica - interesse ao longo do tempo



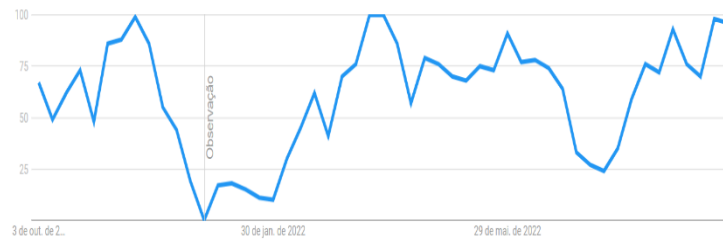
Fonte: Energia solar (2023).

Pelo Gráfico 2, concluímos, numa escala de 0 a 100, que o tema *energia solar fotovoltaica* oscilou na rede (internet), acima de 50 e abaixo de 100, mantendo certa constância em 75 e variando um pouco acima desse patamar. Segundo Marques, Krauter e Lima (2009), o Brasil possui um ótimo índice de radiação solar, com destaque para a região Nordeste.

Em relação ao interesse ao longo do tempo, como foi feito em relação à energia solar fotovoltaica, realizamos a busca na internet para sabermos se o tema *energia hidrelétrica* estava “em alta”. Utilizamos também o programa *Google Trends*, o qual filtra alguns resultados de pesquisa no *Google* e os dados são anônimos, ou seja, ninguém é identificado pessoalmente. Consideramos o mesmo intervalo temporal. O Gráfico 3 traz um panorama sobre os dados obtidos.

¹² O *Google Trends* é uma ferramenta que analisa uma amostra de pesquisas do Google na web para determinar quantas pesquisas foram feitas durante um período (G1 Santarém, 2020).

Gráfico 3 – Energia Hidrelétrica: Interesse ao longo do tempo



Fonte: Energia Hidrelétrica (2022).

Com base nos dados do Gráfico 2, numa escala de 0 a 100, o tema *energia hidrelétrica* oscilou na rede (internet), abaixo e acima de 25 pontos por hora, atingindo, em alguns períodos, 50, 75 até alcançar 100. Mas o interesse caiu consideravelmente e chegou a 0. Este último dado significa que foi considerado em “baixa”, no tocante ao interesse no assunto em questão, fato que não ocorreu em comparação ao caso da energia solar, a qual se manteve acima de 50 pontos na escala. No semiárido, os valores típicos variam entre 200 e 250 W/m² de potência contínua, o que equivale de 1752 a 2190 kWh/m² por ano de radiação incidente. A região Nordeste está entre os locais do mundo com maior potência de energia solar, devido a essa região estar próxima da linha do equador, apresentando um a clima tropical. A Figura 12 ilustra a instalação da energia solar em residências no Brasil, a qual vem crescendo muito nos últimos anos:

Figura 12 – Instalação de painéis solares em residências



Fonte: Agência de Conteúdo DN (2021).

De acordo com o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cresesb/Cepel), o Sol fornece anualmente para a atmosfera da terra 1,5x10¹⁸kWh de energia, o que corresponde a 10.000 vezes o consumo do mundo nesse período (Cresesb, 2014). Considerando que o ano de 2020 foi marcado pela pandemia da Covid-19, a qual ocasionou grandes impactos na economia mundial e nacional,

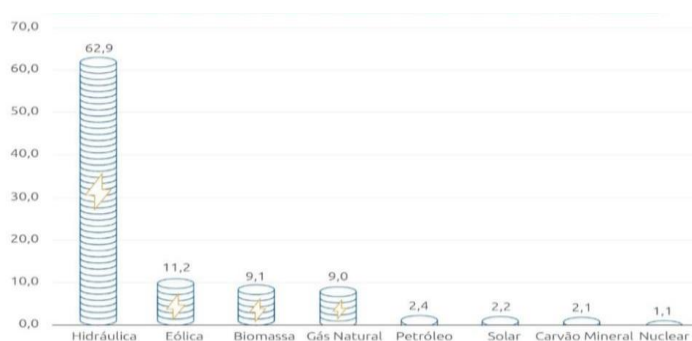
setores relevantes da economia nacional sofreram quedas acentuadas no consumo de energia elétrica, tais como o comercial, o público e o energético.

O consumo das indústrias em 2020 oscilou positivamente (0,46%), com destaque apenas para o setor de alimentos e bebidas puxado pela produção de açúcar, que cresceu 41,3% em relação ao ano anterior, segundo o Balanço Energético Nacional 2021 do Ministério de Minas e Energia, ano base 2020. No caso do setor residencial, em razão das políticas de distanciamento social, *home office* adotado por vários segmentos da economia nacional, além da educação, por meio da implementação das aulas e outras atividades remotas. As despesas decorrentes desse investimento foram altas, principalmente na questão da fatura de energia elétrica, com aumento dos valores a serem quitados mês a mês, durante os anos letivos de 2020 e 2021 em especial, entre outras situações.

Em 2020, ocorreu um crescimento de 4,05% no consumo de energia elétrica nos domicílios (Balanço Energético Nacional 2021 do Ministério de Minas e Energia, ano base 2020). Contudo, no Brasil, está cada vez mais difícil para determinadas famílias, principalmente as de média e baixa renda conseguirem pagar a conta de energia, apesar de o país possuir a maior bacia hidrográfica do mundo.

Segundo Torres (2012), nas principais concentrações urbanas, boa parte desse potencial já foi aproveitado, exigindo mais investimentos nas redes de expansão e distribuição, o que causou o aumento nos custos da geração de energia elétrica. Para a EPE (2019), existe uma confusão entre a matriz energética e a elétrica, entre algumas pessoas, mas elas são diferentes. A matriz energética representa o conjunto de fontes de energia utilizadas para movimentar os carros, preparar a comida no fogão e gerar eletricidade, enquanto a matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes utilizadas apenas para a geração de energia elétrica. Dessa forma, concluímos que a matriz elétrica é parte da energética. Mesmo assim, a energia solar ainda é pouco explorada no país, como mostra o Gráfico 4:

Gráfico 4 – Matriz Elétrica Brasileira 2021: participação por fonte (%)



Fonte: Agência de notícias da indústria (2021).

Conforme pôde ser observado no Gráfico 4, a prevalência da participação da fonte hidráulica é evidente, seguida pela eólica, pela biomassa e pelo gás natural. Vejam que a energia solar sobrepassa apenas o carvão mineral e a nuclear, ou seja, os investimentos no Brasil a nível de energia solar, apesar de certa crescente, ainda são pouco expressivos, considerando as demais fontes que compõem a matriz elétrica.

Apesar de ainda pouco utilizada, de acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar, 2023), a fonte solar já trouxe ao Brasil, desde 2012, mais de R\$ 74,6 bilhões em novos investimentos, R\$ 20,9 bilhões em arrecadação aos cofres públicos. Além disso, gerou mais de 420 mil empregos, evitando também a emissão de 18 milhões de toneladas de CO₂ na geração de eletricidade. Uma nova opção de geração de energia solar, além dos painéis tradicionais, é a telha solar fotovoltaica, ou seja, uma telha com painel solar como pode ser visualizada na Figura 13 a seguir:

Figura 13 – Instalação de telhas fotovoltaicas em residências



Fonte: Portal Solar (2023).

Segundo o Portal Solar (2023), o telhado fotovoltaico é geralmente constituído de cerâmica e possui 4 células de energia solar. Com essa alternativa, é possível utilizar a energia solar no telhado de modo sustentável e ainda economizar no valor do consumo de energia elétrica. A telha solar tem a função 2 em 1: fazer parte da cobertura do imóvel, além de gerar energia elétrica, com a finalidade produzir energia a partir da radiação solar de modo prático, resistente e flexível. Apesar de ser confundido com placas solares, a telha fotovoltaica possui maior resistência e mais leveza, além de fatores como maior potência (aproximadamente 9,16 Wp por telha ou 69 Wp/m²) e harmonização com o telhado também serem diferenciais para essa tecnologia (Portal Solar, 2023).

E quanto ao valor dessas telhas? Quanto custa em média para as famílias adquirirem tal tecnologia? Conforme o Portal Solar (2023), as telhas fotovoltaicas possuem uma média de preço de R\$ 764,75 por m², com geração média mensal de uma telha de 1,15 kWh, sendo

instaladas como se fossem telhas comuns. É visível que a geração de energia solar, tem sido uma grande investida, mas, em termos práticos, geralmente as vantagens e desvantagens da utilização do sistema para residências é, de certo modo, questionável, pois os custos para aquisição dos equipamentos, mão de obra para a instalação, entre outras ações, são altíssimos.

Por outro lado, as famílias que conseguem, mesmo com dificuldades, realizar o sonho de ter a energia solar fotovoltaica em suas casas contam com os benefícios pós-investimentos. Por exemplo, há a redução brusca do valor da fatura de energia elétrica, muitas vezes, até pela metade, de acordo a quantidade de painéis solares instalados, ou a isenção total dela, em casos em que a geração supera o consumo. Além disso, gerar energia limpa, a exemplo da solar, causará grandes afetações positivas no meio ambiente, ou seja, “agressão quase zero”, fato que não ocorre com a hidrelétrica, como veremos em seguida.

5.1 A controversa produção de energia hidrelétrica

O engenheiro e administrador Thomas Edison criou uma rede de fornecimento de eletricidade em Nova Iorque no final dos anos 1870 e, conforme dados do Centro da Memória da Eletricidade no Brasil (CMEB), em 1882, inaugurou a “primeira usina de força elétrica do mundo, fornecendo iluminação para casas e escritórios de Manhattan” (CMEB, 1988, p. 12). De acordo com Mariano (1993, p. 67-68),

nos anos que se seguiram à Exposição Internacional de Eletricidade de Paris, em 1881 – que marcou o triunfo definitivo da lâmpada de Edison –, a indústria de lâmpadas incandescentes surgiu em todos os países industrializados da Europa, como complemento da iluminação por arco. [...]. Além disso, a lâmpada incandescente proporcionou um enorme impulso à expansão das “estações centrais” de produção de energia elétrica estimulada sobretudo pela iluminação das grandes cidades.

Uma organizada combinação de linhas de transmissão, geradores, voltagens, provimento de carvão, filamentos incandescentes, diversos cálculos laboratoriais, aportes financeiros, disposição de técnicos, vendedores, assistentes de laboratório, entre outros, foram os responsáveis pelo êxito desse sistema de eletricidade. Isso só funcionou porque o projeto de Edison era composto de partes e peças elaboradas em conjunto. A arquitetura — ou seja, os elementos individuais desse sistema (pessoas e objetos) —, atuando em conjunto foi a “chave do sucesso”.

A energia hidrelétrica atualmente é classificada pelo mercado internacional como limpa, por não queimar combustíveis fósseis, aproveitando o potencial hidráulico das águas dos rios. A geração de energia elétrica no Brasil em centrais de serviço público e autoprodutores atingiu

626,3 kWh em 2019, resultado 4,1% superior ao de 2018. As centrais elétricas de serviço público participaram com 83,7% da geração total.

Conforme o Balanço Energético Nacional do Ministério de Minas e Energia (2021), geração hídrica, principal fonte de produção de energia elétrica no Brasil, cresceu 2,3% na comparação com o ano anterior. Todavia, os reservatórios de hidrelétricas são bem conhecidos por causar graves afetações, tais como: desarticular populações humanas e não humanas, alterando violentamente os ecossistemas terrestres e aquáticos.

Diante do exposto, uma grande controvérsia entra em cena: os “pontos negativos”, oriundos da construção das usinas, causadoras de afetações ambientais e sociais, principalmente na Amazônia brasileira. Conforme Lemos (2013, p. 113), “a controvérsia deve ser reconhecida por todos. Elas são situações nas quais os atores concordam na discordância!” Para o autor, controvérsia é o lugar e o tempo da observação, no qual se elaboram as associações, e o social aparece antes de se congelar ou se estabilizar em caixas-pretas (Lemos, 2013, p. 55). “A TAR alega que encontraremos uma maneira bem mais científica de construir o mundo social, caso nos abstenhamos de interromper o fluxo de controvérsias” (Latour, 2012, p. 45).

De acordo com Fearnside (2008, p. 3), “a controvérsia sobre gases do efeito estufa a partir de barragens hidrelétricas, assim como em muitas controvérsias científicas, pode levar as pessoas não envolvidas na questão a supor que a verdade deve situar-se entre os dois lados, provavelmente no ponto médio”. Segundo o autor, o teorema do centro-limite é um bom guia para a interpretação de muitas medições, a exemplo das concentrações de gases na água em um determinado local e momento. Porém, o teorema não faz efeito quando as diferenças são causadas por emissões de componentes importantes de um problema, a exemplo de fontes de emissões de metano: as turbinas e os vertedouros.

Segundo um estudo realizado por Moran *et al.* (2018), valores altíssimos, nas questões voltadas ao social e ao meio ambiente, não são avaliados ao serem instaladas usinas hidrelétricas em nosso país. Este estudo aponta que o desmatamento, a perda da biodiversidade e os prejuízos econômicos causados às comunidades não são considerados. As mudanças no clima e a diminuição de água, conseqüentemente, colocam em risco, no futuro, a própria geração desse tipo de energia.

O Ministério de Minas e Energia (MME) do Brasil calcula que, para o ano de 2030, haverá no Brasil um consumo de energia elétrica entre 950 e 1.250 kWh/ano. O fato é que, mesmo chegando a um aproveitamento de 80% do potencial hidráulico brasileiro, esse percentual ainda não será o suficiente para atender a demanda. A Figura 14 representa as afetações de hidrelétricas instaladas na Amazônia.

Figura 14 – Afetações socioambientais de hidrelétricas na Amazônia



Fonte: Walbert (2012).

Os prejuízos sociais e ambientais, oriundos da instalação e funcionamento das usinas hidrelétricas nas florestas, principalmente na Amazônica, são incalculáveis e não são levados em consideração quando elas são projetadas e licenciadas pelos órgãos competentes, o que é controverso. Venturini (2010) enfatiza que, para a TAR, ambientes em que há controvérsias são ideais para a análise da *formAção* de estruturas sociais; ela evidencia atores, relações e agências que, de outra forma, poderiam passar despercebidas (Venturini, 2010). Na próxima seção, será explorado com mais ênfase esse tema, considerando a energia solar fotovoltaica.

5.2 Controvérsias na instalação e geração de energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica, implantada gradativamente, pode ser uma boa opção para complementar essa demanda por energia elétrica. Com o crescimento da opção pela energia solar por parte da população brasileira, existe uma grande controvérsia que gerou polêmica e “bate-boca” na imprensa, no Congresso e no Senado Federal do Brasil: a “taxação do sol”. Trata-se da expressão pela qual ficou conhecido o projeto que deu origem à Lei n.º 14.300, de 6 de janeiro de 2022, sancionada no início de 2022, a qual define o pagamento de uma taxa antes não cobrada para a micro e minigeração distribuída, modalidades de produção de energia, no caso da energia solar.

A controvérsia, para Pereira e Boechat (2014), torna visível a trama social em sua complexidade; e a cartografia assume para si as tarefas de representá-la e analisá-la visualmente. De acordo com o art. 27 da citada Lei, a partir do dia 7 de janeiro de 2023, aconteceriam alterações nas regras da energia solar, ou seja, aqueles que aderirem a esse sistema em suas residências, iniciariam o pagamento de uma taxa referente ao uso da rede elétrica. As porcentagens começariam com 15%, com base na energia produzida e vão subindo ano a ano até atingir 90% em 2028. Os brasileiros que instalarem a energia solar até 6 de janeiro conseguirão a isenção de tais taxas até o ano de 2045 (Brasil, 2022). A Figura 15 representa a

repercussão nas mídias digitais, por meio dos veículos de informação jornalísticos, em relação à taxa solar após a mudança de regras sobre a geração da energia solar.

Figura 15 – Taxa solar – Novas regras sobre a geração própria de energia



Fonte: Rodrigues e Aleixo (2023).

Como pode ser notado na Figura 15, a materialização da notícia, por meio da cartografia, traz notícias quentes sobre as novas regras na geração própria de energia. Em 2023, ocorreram mudanças nas regras de transição na Lei n.º 14.300. Segundo o Portal Solar (2023), no qual o leitor poderá conferir os detalhes dessa temática, projetos que se conectarem entre janeiro e julho de 2023 terão direito a uma transição até 31 de dezembro de 2030. Para as unidades consumidoras que se conectarem após 18 meses da aprovação da Lei, a transição termina em 31 de dezembro de 2028.

Dessa forma, a partir de 2023, ao gerar energia solar, o consumidor pagará pelo uso da infraestrutura proporcionada pela distribuidora de energia elétrica quando não ocorrer geração simultânea. São dois grupos de transição, e a cobrança pelo custeio da infraestrutura elétrica acontece apenas quando ele injetar energia na rede. Porém, os consumidores que aderiram de 7 de janeiro até 7 de julho ganharão um “desconto” de 4,1% na energia injetada na rede para custear a infraestrutura elétrica.

Ainda conforme o Portal Solar (2023), o percentual de desconto será calculado em quilowatt-hora (kWh), ou seja, no início, de cada 100 quilowatts-hora injetados na rede, 4 vão custear a infraestrutura. Aqueles que estiverem nesse grupo terão uma regra de transição mais longa, até 2030. O consumidor, a partir de 2031, será afetado por uma nova regra, que ainda será estabelecida, baseada em novos cálculos da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Para os casos em que a adesão ocorreu depois de 7 de julho de 2023, o consumidor cai numa regra de transição mais curta. A regra é a mesma até 2028, mas, a partir do ano seguinte, o percentual ainda não está definido.

Portanto, mesmo passando por mudanças graduais, a Lei da “taxação do sol” continua gerando incertezas, discussões, angústias, “burburinhos”. Grande é essa controvérsia! Considerando essa lei, será que ainda vale a pena instalar energia solar fotovoltaica no Brasil, sobretudo em residências? Nesse contexto, o papel da Modelagem seria o de trabalhar colateralmente para tentar compreender, de forma matemática, fenômenos naturais e cotidianos, de modo que se incluam as controvérsias e se criem modelos matemáticos.

5.3 Apenas o Brasil foi taxado na energia solar?

A energia solar nos Estados Unidos da América, uma das maiores potências mundiais, conforme Wedy (2021), está regulada pelo *Energy Research, Development and Demonstration Act of 1978*, 42 U.S.C.A. § 5581, e pelo *Solar Energy Conservation Act of 1980*, 12 U.S.C.A., § 1451 et seq., e 42 U.S.C.A., § 6347 e seguintes. De acordo com esse autor, no direito americano, a energia solar não é suscetível de apropriação como direito real, como propriedade, isso porque o recurso é único, e não existe um abrangente regime de direitos que regule a energia solar. Para gozar e usufruir dessa fonte de energia, basta ter acesso à luz solar e alguma proteção legal, ainda que mínima, para esse acesso.

Wedy (2021) ainda destaca que o acesso é garantido por leis locais (municipais) ou estaduais, como as de zoneamento, de servidões, de incômodos (*nuisance*) ou de apropriação prévia. O autor enfatiza que, atualmente, há dois grandes grupos de soluções tributárias utilizadas em todo o mundo, “com o intuito de proteger o ambiente ecologicamente equilibrado: i) Imposição de tributos com finalidades ambientais; ii) Criação de incentivos à produção sustentável” (Caliendo, 2023, p. 23).

Conforme Wedy (2021), considerando a finalidade de um elemento caracterizador do incentivo fiscal, este estimulará ou desestimulará determinado comportamento. A tributação extrafiscal, por meio dos tributos (oneração) ou dos incentivos (desoneração), com fins ambientais, desenvolvem uma reação no mercado e no comportamento social e, conseqüentemente, tendem a proporcionar resultados positivos para o meio ambiente (Cavalcante, 2018, p. 162).

Por fim, retomando a questão do Brasil, no tocante às controvérsias oriundas da Lei nº 14.300/2022, a Modelagem não garante a estabilização delas ou dos questionamentos que surgem a partir dela, porém proporciona uma melhor problematização e, de certo modo, a oportunidade de posicionamentos sobre tais situações, principalmente questões cotidianas, como é o caso do tema *energia*, no contexto da ciência e tecnologia, da economia, do meio

ambiente, da sociedade etc. Portanto, a Modelagem tem a possibilidade de viabilizar elementos críticos e criativos envolvendo aspectos controversos em domínios, considerando as relações entre humanos e não humanos e seus espaços de associações. O capítulo seguinte trata do método utilizado nesta pesquisa, bem como das etapas que envolvem a revisão de literatura.

6 MÉTODO

Nessa pesquisa, tínhamos por objetivo rastrear as controvérsias que envolvem a geração de energia solar fotovoltaica associada à Modelagem Matemática na formAção-continuada. Para atender a nosso objetivo, buscamos nos apoiar nos pressupostos do paradigma pós-humanista, que focaliza as redes de agenciamento constituídas entre humanos e não humanos numa relação *flat*, horizontal e não hierárquica, em consonância com o estudo de Monteiro, Vignoli e Almeida (2020). Os autores argumentam que o pós-humano já faz parte de nossa realidade, desde próteses mecânicas, implantes médicos, procedimentos estéticos até a extensão de nossa memória por meio das plataformas digitais e dos mecanismos de busca. A imposição do pós-humano como paradigma e como possível modelo para pesquisas futuras é evidenciado por esses autores:

O pós-humano se impõe como paradigma ou como possível configuração modelar de pesquisas futuras justamente porque intenta superar o antropocentrismo presente em análises como as de Capurro (2003). Nesse sentido, produz a necessidade de uma nova epistemologia e ontologia. Isto é, uma teoria do conhecimento geral e do conhecimento científico, em particular, centrada em um novo sujeito que não se baseia na oposição dualista entre sujeito-objeto. Nessa composição dualista, pessoas e tecnologias opõem-se, classificando esta última apenas como objeto a ser conhecido. Por outro lado, oferece uma nova concepção do ser (Monteiro; Vignoli; Almeida, 2020, p. 19).

Portanto, o movimento pós-humanista na atualidade revela um conjunto de intérpretes do chamado tecnocientífico. Os sujeitos tradicionais perdem força, e essa categoria se torna incapaz de compreender o fenômeno humano, repleto de conflitos, integrações e metamorfoses irreversíveis com não humanos. O pós-humanismo redefine o humano na era das tecnociências (convergência e hibridação sem possibilidades de reversão entre humano e máquina). Ainda sobre a questão do paradigma pós-humano, Monteiro, Vignoli e Almeida (2020, p. 7) revelam uma breve linha do tempo, marcada por transição, como segue:

A primeira menção ao termo pós-humano foi realizada por Ihab Hassan, teórico da pós-modernidade que, em 1977, acentuou para o fim de uma era do humanismo para o nascer do pós-humanismo (Felinto; Santaella, 2012). O humanismo marca a transição da Idade Média para o Renascimento, e o pós-humanismo enseja o momento dos híbridos e do homem em constante mutação com as tecnologias.

Portanto, para Monteiro, Vignoli e Almeida (2020, p. 1), o pós-humano trata-se de um novo paradigma na Ciência da Informação a ser investigado, num novo cenário contemporâneo, eliminando visões binárias entre natureza e cultura, sujeito e objeto, humanos e não humanos. Dessa forma, parte da cibernética a gênese do pós-humano, apresentando um conceito de informação desmaterializada. Ele já faz parte de nossa realidade, temos desde próteses

mecânicas, implantes médicos, procedimentos estéticos até a extensão de nossa memória por meio das plataformas digitais e dos mecanismos de busca. Assim, tenta-se esquivar-se da centralidade do homem como dotado de habilidades cognitivas diante de outros seres e máquinas (Monteiro; Vignoli; Almeida, 2020, p. 1). Uma ontologia de similaridade entre eles, ou seja, em sua estrutura, tem como base filosófica “o seu conceito de informação como um terceiro elemento constituinte do mundo, ao lado da matéria e energia, não sendo redutível a elas” (Wiener, 1970).

Nessa perspectiva, apoiamo-nos também na abordagem qualitativa, nos termos postos por Creswell e Poth (2018). Isso significa dizer, que no contexto da TAR nos apropriamos de ideias e princípios para informar e moldar a pesquisa qualitativa. Latour (2019) argumenta que a realidade é construída por meio das interações entre humanos e não-humanos, e que tanto aspectos técnicos quanto sociais devem ser considerados para entender como as práticas são formadas e como os fenômenos emergem. Considerando essas premissas, essa pesquisa obedeceu a critérios pré-estabelecidos e bem definidos; o passo a passo foi evidenciado no intuito de obtermos êxito. Ela foi marcada por um planejamento bem elaborado, por uma coleta de dados realizada com a mais precisa atenção possível, bem como por uma análise, interpretação e redação do relatório bem executadas. Para Gil (2008, p. 31),

as pesquisas sociais, tanto por seus objetivos, quanto pelos procedimentos que envolvem, são muito diferentes entre si. Por essa razão torna-se impossível apresentar um esquema que indique todos os passos do processo de pesquisa. No que parece haver consenso de parte da maioria dos autores, entretanto, é que todo processo de pesquisa social envolve: planejamento, coleta de dados, análise e interpretação e redação do relatório.

Segundo Tumelero (2019), a pesquisa empírica pode ser entendida como aquela em que é necessária a praticidade de algo, especialmente por meio de experimentos ou observação de determinado contexto para a coleta de dados em campo. Pretendemos, com este trabalho, evidenciar as conexões, associações, trajetos e agenciamentos dos *actantes* que formam a rede, possibilitando discutir os objetivos do estudo, pois os objetos e/ou coisas também participam e contribuem para a *formação* dela.

Para a realização dessa investigação, nos inspiramos na pesquisa empírica. Bryman (2016) argumenta que a pesquisa empírica se constitui um tipo de investigação que se baseia na observação e na coleta de dados diretamente do mundo real para responder a perguntas de pesquisa. Segundo o autor, em vez de se apoiar apenas em teorias ou especulações, a pesquisa empírica utiliza dados concretos e evidências obtidas por meio de experimentos, observações, entrevistas, questionários ou outros métodos de coleta de dados para chegar a conclusões.

Para mapear as controvérsias não apenas no contexto da *formação-continuada*, propomos utilizar a metodologia da cartografia das controvérsias. Conforme Venturi (2010), ela foi concebida como uma caixa de ferramentas para seguir disputas entre humanos e não humanos numa crescente de hibridização. Abordada em Mil Platôs (2007) como um dos princípios do rizoma, a cartografia mostra-se como um dispositivo metodológico interessante.

Lemos (2013, p. 55) enfatiza que a cartografia de controvérsias é uma cartografia da argumentação. Segundo Latour (2015), o mapeamento de controvérsias nos dá a condição de abrir as caixas-pretas das disputas científicas, seguir os *actantes* enredados e desvendar suas limitações. Além disso, permite-nos fechar controvérsias, constituir uma opinião e escolher os *actantes* que merecem nossa atenção e apoio. Assim, embasados em Venturini (2010) e Latour (2015), no exercício de cartografar as controvérsias que envolvem a geração da energia solar fotovoltaica na *formação-continuada* em Modelagem desenvolvida nesta pesquisa, consideramos algumas ações:

1. Definir o que seria uma controvérsia “quente” (relevante).
2. Verificar a estrutura da controvérsia por meio do agrupamento, categorizando resultados da pesquisa e estabelecendo um critério específico.
3. Encontrar um ator-chave, por meio de mecanismos de pesquisa, possibilitando a obtenção de gráficos e esquemas relacionados à controvérsia.
4. Buscar uma síntese sobre os debates dos tópicos da pesquisa.
5. Coletar o maior número possível de documentos por meio de ferramentas digitais e portais de busca.

Nesta pesquisa, partimos da escolha de uma controvérsia quente, ou seja, a Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022, tendo em vista o debate em torno da “taxação do sol”, que afeta os usuários do sistema *on-grid* na energia solar fotovoltaica (ator-chave da investigação). A controvérsia em questão envolve disputas no social, incluindo a política, a economia, o meio ambiente, entre outros campos. Na prática laboratorial, ou seja, na *formação-continuada* agenciada nas instalações de uma universidade pública, a exploração de tal controvérsia, bem como o mapeamento de outras interligadas ou não a essa Lei, foi constante. A cada discussão nas *formações* de grupos, buscas e *actantes* incorporados à rede ocorreu a performance dela.

A busca de documentos e outras informações relevantes utilizando aplicativos e páginas da internet contribuiu significativamente para a confecção de gráficos e modelos matemáticos, simulações, cálculos, bem como desenho de mapas. Amillis, Bussular e Antonello (2016, p. 2), em consonância com Latour (2005), expõem essa visão, com referência às relações sociais e práticas cotidianas que remetem à compreensão do social:

Latour (2005) propõe outra maneira de se compreender o social, não mais de forma segmentada, mas sim por meio do movimento e das associações que se estabelecem entre tais elementos heterogêneos presentes em uma rede de relações. Essa coletividade busca traduzir o que acontece em nosso meio: as relações entre pessoas e materialidades nas práticas cotidianas.

Esses autores defendem a extinção da homogeneidade. Partem para um processo heterogêneo, ou seja, igualitário nas relações entre os diversos elementos que compõem o coletivo, valorizando as associações estabelecidas por eles nas práticas cotidianas em uma rede de ligações. A seguir, traremos mais detalhes desta pesquisa, incluindo a produção e a análise dos dados.

6.1. Produção dos dados da pesquisa

Para o presente trabalho, a produção dos dados consiste no estudo do referencial teórico, alinhado à prática do laboratório. Ela ocorreu por meio da observação e da análise dos documentos gerados na *formAção-continuada* em Modelagem. Os dados da investigação foram produzidos adotando como referência atividades desenvolvidas em encontros presenciais, incluindo uma tarefa de Modelagem. Os instrumentos utilizados na produção de dados, além do referencial teórico foram: diário de campo e gravações de áudios, vídeos e imagens, por meio de gravadores e aparelhos celulares. Nesse contexto, aconteceram anotações em um diário de campo, sendo um dos instrumentos de coleta de dados associado à gravação de áudios e imagens. Essa etapa contribuiu significativamente tanto na apreensão das controvérsias quanto na compreensão da Modelagem tomada como rede sociotécnica (Santana, 2023), ou seja, uma rede heterogênea e simétrica, segundo a TAR.

O mapeamento da rede, incluindo a busca de materiais na internet, bem como os estudos realizados no curso foram essenciais para a percepção crítica das controvérsias rastreadas. A Modelagem com essas características proporcionou um olhar diferenciado, por meio da lente da TAR, considerando humanos e não humanos com o mesmo valor na pesquisa científica e nas ações ligadas ao cotidiano.

A configuração ou estrutura citada, em nosso entendimento, caracteriza a Modelagem como rede sociotécnica. Isso acontece desde as ações dos estudantes, envolvendo a análise de documentos, a exemplo da Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022 (contendo controvérsias), das regulamentações da Aneel e das faturas de energia elétrica. Além disso, houve o uso da tecnologia digital, por meio de pesquisas na internet, a utilização de aplicativos de simulação de instalação de energia solar e a formAção de grupos não estabilizados. Tais formAções em

constantes performances agem matematicamente, promovendo tantas outras ações em rede envolvendo humanos e não humanos.

A observação é um elemento importantíssimo na pesquisa, principalmente no ponto de vista qualitativo, pois está presente na elaboração do problema, na construção de hipóteses, na coleta e análise dos dados, bem como em sua interpretação. Martins (2008, p. 109) define desta forma a observação:

Observação consiste em um exame minucioso que requer atenção na coleta e análise dos dados. Para tanto, a observação deve ser precedida por um levantamento de referencial teórico e resultados de outras pesquisas relacionadas ao estudo. Formalmente, é desejável a construção de um protocolo de observação, que, evidentemente, fará parte do protocolo do Estudo de Caso.

Ainda sobre o método observacional e sua relevância nas Ciências Sociais, sendo bem preciso neste caso, bem como a diferença entre os procedimentos de observação e procedimentos experimentais, Gil (2008, p. 16) faz estas considerações:

O método observacional é um dos mais utilizados nas ciências sociais e apresenta alguns aspectos curiosos [...], pode ser tido como um dos mais modernos, visto ser o que possibilita o mais elevado grau de precisão nas ciências sociais. Tanto é que em Psicologia os procedimentos de observação são frequentemente estudados como próximos aos procedimentos experimentais. Nestes casos, o método observacional difere do experimental em apenas um aspecto: nos experimentos o cientista toma providências para que alguma coisa ocorra, a fim de observar o que se segue, ao passo que no estudo por observação apenas observa algo que acontece ou já aconteceu. [...] E pode-se afirmar com muita segurança que qualquer investigação em ciências sociais deve valer-se, em mais de um momento, de procedimentos observacionais.

Portanto, o método observacional é um dos mais atuais e modernos, apresentando maior nível de precisão na coleta, análise e interpretação dos dados. Um dos instrumentos de coleta de dados a ser utilizado no contexto do laboratório da pesquisa é o diário de campo. Para Gatti (2019, p. 204), em concordância com Brito (2012), na formação de professores, “a escrita de diários constituiu um instrumento que possibilita a atitude de introspecção, (auto)avaliação, conscientização, crítica e transformação”.

Segundo Braga e Suarez (2018, p. 2), um dos desafios na adoção da TAR reside não apenas na compreensão de seus conceitos e amplo repertório de termos, mas também no alinhamento do olhar do pesquisador para seu objeto de pesquisa, que difere de outras formas já praticadas no campo. Sabemos que a pesquisa empírica possui grande importância no meio acadêmico, tanto nos cursos de graduação quanto na pós-graduação. Mas tudo começa com a pesquisa bibliográfica. Segundo Prodanov e Freitas (2013, p. 54), ela é

elaborada a partir de material já publicado, constituído principalmente de: livros, revistas, publicações em periódicos e artigos científicos, jornais, boletins,

monografias, dissertações, teses, material cartográfico, internet, com o objetivo de colocar o pesquisador em contato direto com todo material já escrito sobre o assunto da pesquisa. Na pesquisa bibliográfica, é importante que o pesquisador verifique a veracidade dos dados obtidos, observando as possíveis incoerências ou contradições que as obras possam apresentar.

Dessa forma, a pesquisa bibliográfica também tem enorme influência no trabalho prático e antecipa de forma organizada e detalhada a preparação para tal fim. Por meio dela, tem-se, de certo modo, garantida uma probabilidade maior de obtenção de sucesso na implementação de diversas atividades teórico-práticas que caracterizam esse processo. O estudo teórico no presente trabalho foi desenvolvido em quatro etapas, após a escolha dos temas.

A primeira etapa selecionou obras diversas sobre Modelagem. Damos atenção aos estudos de Souza e Barbosa (2019), Burak (2019), Burak e Zontini (2020), Borba e Canedo Junior (2020), Silva, Borssoi e Dalto (2021), Omodei e Almeida (2023). Além disso, destacamos os aspectos interdisciplinares, embasados em Terradas (2019), Burak (2019), Santaella e Cardozo (2015), entre outros.

A segunda caracterizou-se pelo desenvolvimento da problemática da pesquisa, pois foi por meio dela que realizamos o levantamento das hipóteses, contribuindo para a continuação da delimitação. Em seguida, houve o aprofundamento e a ampliação do levantamento bibliográfico, incluindo documentos oficiais, artigos, livros, teses e dissertações, publicações em periódicos, revistas eletrônicas, páginas da web, anais de eventos etc.

A busca, leitura e fichamento de um referencial teórico que fosse capaz de garantir embasamento para a perspectiva assumida foi intensificada. Para tanto, embasamo-nos nos estudiosos da TAR, entrelaçada por Bruno Latour (1994, 2006, 2011, 2012, 2019), Braga e Suarez (2018), Barbosa (2019). Além desses, destacamos Salgado (2018, 2019), Monteiro, Vignoli e Almeida (2020), Milanês (2021) e Santana (2021, 2023).

Como este trabalho trata-se de uma pesquisa empírica, foi agenciada no primeiro semestre de 2024 uma *formação-continuada* sobre Modelagem. O tema foi a energia solar nas instalações de uma universidade pública baiana.

A rede era formada por professores que ensinam Matemática, estudantes de graduação e pós-graduação, graduados e pós-graduados, além de diversos objetos, assim como os humanos foram participantes do curso. No capítulo seguinte, descreveremos o laboratório e a prática do curso de extensão. As associações vinculadas às ideias matemáticas, tendo como fio condutor as controvérsias, destacadas na descrição da investigação, com base nos estudos da TAR.

Em concordância com os estudos de Nobre e Pedro (2010), para os procedimentos de produção de dados, adotamos a rede e sua metodologia de trabalho como suporte, seguindo as

regras metodológicas para descrever o curso de *formação-continuada*, bem como as associações do coletivo. Embasados nos princípios teórico-metodológicos da TAR e em Santana (2023), enumeramos os processos metodológicos utilizados para explorar a rede sociotécnica:

- (i) traçar as conexões entre os *actantes* que agem e fazem agir a outros na pesquisa, descrevendo tais ações, de modo a abarcar a pluralidade de humanos e não humanos que modelam a rede em tratamento;
- (ii) mapear e descrever as associações entre os humanos e não humanos envolvidos no fenômeno *formação-continuada* em Modelagem durante as conexões desses *actantes*, analisando-os e descrevendo-os de acordo com as forças responsáveis por produzir a dinâmica de seus movimentos;
- (iii) desenredar ações e associações de coletivos admitidos como híbridos e simétricos em uma estrutura não linear, um ambiente heterogêneo, representando e analisando visualmente os rastros deixados, arranjos, desenhos e relações sociais;
- (iv) analisar o que circula na rede sociotécnica por meio do engajamento dos actantes que geram redes e buscam estabilidade, concretizando a obtenção do modelo matemático;
- (v) identificar as redes, mediadores e intermediários que atuaram no coletivo, descrevendo os *actantes* envolvidos em uma determinada associação de modo que se enfoque a participação em seus contextos de agenciamentos, explore-se e compreenda-se o fenômeno da interconexão de sujeitos e objetos que integram a estrutura da rede sociotécnica, desdobre-se as agências por meio de relatos de risco e multiplique-se os mediadores.

6.2 Análise dos dados

Para a análise dos dados da pesquisa, consideramos os três princípios propostos por Latour (2019):

- a) *Agnosticismo*: o pesquisador é agnóstico com os pontos de vista estudados. Trata da mesma forma as perspectivas dos atores, sem censurar, descreve e analisa as controvérsias, sem descobrir quem está certo ou errado.

Apropriamo-nos desse princípio e consideramos durante a análise todos os pontos de vista sobre a geração de energia solar e a Modelagem, que foram socializadas durante a formação. Ao seguimos o fluxo da rede, mapeamos todos os pontos de vista relevantes. Continuamos descrevendo e interpretando os argumentos de maneira equitativa, para compreender os diferentes pontos de vista e as razões por trás deles. Analisamos os dados sem fazer julgamentos sobre qual é a “certa” ou “errada”, com o intuito de oferecer uma visão completa e imparcial das controvérsias envolvidas.

- b) *Simetria generalizada*: propõe o social como um agregado heterogêneo de híbridos, humanos e não humanos, natureza e sociedade explicadas a partir de um mesmo quadro (humanos e objetos/coisas tratados de forma semelhante). Em outras palavras, as explicações devem integrar tanto aspectos sociais quanto técnicos.

Durante o processo, consideramos que tanto os sujeitos (estudantes, professores, pesquisadores, pós-graduandos) quanto as tecnologias (como os sistemas de geração de energia solar e os modelos matemáticos usados) influenciaram e foram influenciados pelas controvérsias. Ao explorar a geração de energia solar e a Modelagem, tratamos os modelos matemáticos, as tecnologias de energia solar, as práticas e percepções dos humanos envolvidos de forma equivalente. Propomo-nos investigar como as tecnologias (painéis solares, *softwares* de modelagem, etc.) e as práticas sociais (políticas, regulamentações, práticas educacionais) interagem e afetam as controvérsias. Ao mapeá-las não nos limitamos às perspectivas humanas, mas analisamos também a agência dos objetos à medida que sinalizamos os papéis e a forma como as controvérsias foram percebidas e resolvidas.

- c) *Associação livre*: rejeita uma separação entre natureza e sociedade, natureza e cultura, ponderando que as explicações são híbridas, partindo do centro, pois tudo está conectado.

Considerando esse princípio, sinalizamos as conexões entre os diferentes elementos envolvidos na geração de energia solar e na Modelagem, incluindo fatores sociais, culturais, técnicos e ambientais. Ao mesmo tempo, em que observamos como esses elementos se entrelaçaram e como essas interações afetaram as controvérsias. Além disso, nosso foco recaiu no hibridismo, analisando como a tecnologia (painéis solares, *softwares*) e os contextos sociais (educacionais, políticos) estavam imbricados e como essa inter-relação contribuiu para as controvérsias, refletindo a complexidade e a interconexão dos fenômenos estudados.

7 O LABORATÓRIO COMO ESPAÇO DA PRODUÇÃO DOS FATOS ¹³

Esta investigação está associada ao Grupo Colaborativo em Matemática e Educação (GCMEduc), oficialmente cadastrado como projeto de extensão na Uefs em 2021, apesar de ter se constituído em 2019. Atualmente, o GCMEduc também é cadastrado como subgrupo do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Matemática do Nordeste (Nepemne) no diretório de grupos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). As ações realizadas pelo grupo buscam a articulação entre ensino, pesquisa e extensão vinculadas aos cursos de Licenciatura em Matemática e Pedagógica, às escolas da Educação Básica, as Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE) da Uefs e ao de Educação Científica, Inclusão e Diversidade da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (PPGECID/UFRB).

A presente iniciativa nasceu da experiência da Prof.^a Dra. Flávia Cristina de Macêdo Santana ao participar, desde 2011, do Grupo Colaborativo Observatório de Educação Matemática (OEM), no âmbito do projeto nacional Observatório de Educação (Obeduc), coordenado pelo Prof. Dr. Jonei Cerqueira Barbosa e pela Prof.^a Dra. Andreia Maria Pereira de Oliveira. Inspirado nesse projeto, o GCMEduc tem por objetivo discutir sobre aspectos relacionados à Matemática e à Educação, bem como construir coletivamente propostas e Materiais Curriculares Educativos (MCE)¹⁴, não humanos, que visem à aprendizagem de estudantes e de professores (humanos) em diferentes etapas ou modalidades de ensino.

Inicialmente, o grupo foi formado contando com a participação de humanos — pesquisadores(as), professores(as) da Educação Superior, professores(as) que ensinam Matemática da Educação Básica, estudantes da graduação e da pós-graduação —, com o tempo fomos percebendo que não humanos — MCE, lápis, caneta, caderno, documentos oficiais, aplicativos, *softwares*, vídeos, computador, celular, plataformas virtuais de aprendizagem, salas de vídeo conferência, entre outros — também agiam. O grupo foi se constituindo de diferentes formas durante os anos de existência, o que nos permite afirmar que não há um grupo, mas uma formação de grupos, em consonância com os estudos de Latour (2012). Tomamos como exemplo a formação do grupo antes, ao longo e depois da pandemia.

¹³ Descrição produzida pela coordenadora do Grupo Colaborativo em Matemática e Educação (GCMEduc), Prof.^a Dra. Flávia Cristina de Macêdo Santana.

¹⁴ Materiais elaborados que visam a promover tanto a aprendizagem dos alunos quanto do professor (Davis; Krajcik, 2005).

No período da pandemia¹⁵, fomos afetados de diferentes formas, o vírus Sars-Cov-2 nos fez fazer coisas que não fazíamos antes: usar máscara, álcool e plataformas virtuais de aprendizagem; ministrar aulas; realizar reuniões na modalidade remota. O grupo atual se reúne quinzenalmente às quintas-feiras em função do horário de Atividades Complementares (AC) dos professores da Educação Básica para realizar diferentes ações como estudar, compartilhar, discutir, investigar, socializar, planejar, implementar, narrar experiências pedagógicas que tematizam ideias matemáticas.

No início de todos os anos, o grupo organiza a agenda do ano letivo. No primeiro semestre, dedicamo-nos a realizar estudos sobre o tema do projeto que será desenvolvido durante o ano. No segundo semestre, dedicamo-nos à implementação do projeto e análise das narrativas produzidas pelos participantes. Além das ações iniciais propostas pelo grupo, outras ações são realizadas, a exemplo da Matemática Itinerante, em que membros do GCMEduc desenvolvem ações em diferentes escolas durante todo o ano – realizando jornadas pedagógicas, exposições fazendo referência ao Dia Nacional da Matemática, cursos de extensão, seminários, palestras, entre outras atividades, por se tratar de um grupo colaborativo.

A priori, a proposta foi elaborada para ser desenvolvida de forma presencial. Entretanto, em função do contexto ocasionado pela pandemia da Covid-19, foi reestruturada para a modalidade remota, com o intuito de atender as demandas advindas do Período Letivo Extraordinário (PLE) ofertado pela Uefs. As atividades propostas foram performadas de forma síncrona e assíncrona, computando uma carga total de 120 horas. As atividades síncronas foram realizadas por meio da plataforma *Google Meet* desenvolvido pelo *Google*, que constitui um serviço de comunicação para a realização de videoconferência integrada ao *Google Classroom* e ao *Google Agenda*. Todos os encontros foram gravados utilizando os recursos da própria plataforma. Para acessá-los, bastava usar o navegador de *Web* ou fazer o *download* do app. Os encontros assíncronos foram planejados e postados no *Google Classroom*.

Durante esse período, foram realizadas reuniões virtuais em que desenvolvemos estudos e planejamos o curso de extensão. O curso foi agenciado no segundo semestre de 2021 na modalidade remota e contou com 30 participantes, que vivenciaram 6 encontros com temáticas vinculadas às unidades temáticas da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). As atividades desenvolvidas foram performadas de forma síncrona e assíncrona, totalizando 40 horas. As

¹⁵ No dia 11 de março de 2020, a Organização Mundial de Saúde (OMS) anunciou que a Covid-19 estava caracterizada como uma pandemia. O termo “pandemia” se refere à distribuição geográfica de uma doença e não a sua gravidade. A designação reconhece que, no momento, existem surtos de Covid-19 em vários países e regiões do mundo. Em 05 de maio de 2023, a OMS declarou o fim da Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII) referente à Covid-19 (OPAS, 2023).

propostas síncronas foram realizadas por meio da plataforma de videoconferência *Google Meet*, na qual todos os encontros foram gravados utilizando os recursos da própria plataforma.

Os *links* para acesso às reuniões foram disponibilizados na plataforma *Google Classroom*, assim como o código de acesso e as atividades programadas para serem assíncronas. Além disso, essa plataforma permitiu que as reuniões virtuais acontecessem com humanos e não humanos de diferentes ambientes, que mensagens fossem trocadas pelo *chat*, que os microfones e câmeras fossem acionados, que *links* de integração com *Google Forms*, *Google Docs*, *Google Drive* fossem disponibilizados, entre outras ações.

No período denominado pós-pandemia, continuamos desenvolvendo reuniões virtuais e contamos com a participação de diferentes sujeitos de diferentes municípios da Bahia, a exemplo de Pé de Serra, Alagoinhas, Feira de Santana, Iará, Ipirá, Conceição de Feira, Riachão de Jacuípe, entre outros. Os não humanos continuaram a fazer parte do grupo, mas não como no período da pandemia. As reuniões continuaram a ser realizadas quinzenalmente via plataforma do *Google Meet*, mas não tínhamos como gravar as atividades utilizando recursos da própria plataforma devido aos cortes orçamentários.

Diante disso, optamos por utilizar uma extensão do *Google Chrome* denominada *TacTiq* (inteligência artificial) para realizar as transcrições automáticas e auxiliar nos na produção das atas de videochamadas. Não era mais de interesse do governo garantir ferramentas para o desenvolvimento de atividades remotas. Foram desconsideradas as potencialidades do uso das tecnologias para o processo contínuo de ensino-aprendizagem para a realização de reuniões remotas.

Durante os encontros realizados no primeiro semestre nos debruçamos nos estudos, organização e planejamento do curso de extensão. Foram reuniões intensas em que materiais de pesquisa eram compartilhados, o planejamento discutido e a tarefa construída no coletivo. Planejamos o curso de extensão sobre Modelagem associada à energia solar, utilizando princípios defendidos por Bruno Latour, sem necessariamente rotulá-los explicitamente como tal, envolve integrar implicitamente conceitos da TAR para criar uma abordagem rica e interdisciplinar. A seguir, como contexto desta pesquisa, descreveremos a prática de um curso de extensão agenciado pelo GCMEduc.

7.1 Descrevendo a prática

Com base em uma descrição da prática, procuramos observar detalhes no trabalho realizado no Curso de Extensão em Modelagem, tematizando a Energia Solar. O curso tinha

por objetivo mapear as associações e rastrear as controvérsias na geração da energia solar fotovoltaica, por meio da Modelagem Matemática. Os objetivos específicos foram os seguintes:

- problematizar sobre o uso da energia solar no cotidiano na busca de análises sobre seu custo-benefício;
- produzir dados referentes aos custos e benefícios da utilização da Energia Solar em residências ou como política pública para a sociedade;
- refletir sobre possíveis modelos matemáticos que demarquem a utilização e custo-benefício da energia solar em residências ou como política pública social.

O curso foi realizado na modalidade presencial durante o inverno na Princesa do Sertão, nome carinhoso atribuído a Faria de Santana-Ba. Para isso, reservamos uma sala de aproximadamente 56 metros quadrados no prédio da Pós-Graduação em Educação, Letras e Artes, contendo 28 cadeiras com apoio para o braço, mesa do professor, TV, lousa, algumas tomadas, tela de projeção. Além disso, havia tarefa impressa em papel ofício A4, lápis, caneta, projetor, gravador de áudio, celular e pesquisas no *google*, o computador, a *internet*, entre outros. Contamos com a participação de 15 humanos inscritos, mas, a cada encontro, um grupo era formado. Dos inscritos, 11 eram professores(as) com experiência docente, atuando na Educação Básica. Desses, 3 também atuam na Educação Superior, 2 estudantes da Licenciatura de Matemática e 2 estudantes da PPGE/Uefs. As atividades desenvolvidas totalizaram 30 horas.

A Figura 16 mostra os participantes do Curso de Extensão em Modelagem, ressaltando que a identidade e as imagens dos rostos foram preservadas, como propõe a ética na pesquisa científica.

Figura 16 – Participantes do Curso de Extensão em Modelagem e Energia Solar



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Iniciamos o curso anunciando a seguinte questão norteadora: *considerando os altos custos dos insumos, instalação e mão de obra, é viável para as famílias a energia solar fotovoltaica?* A seguir, apresentaremos maiores detalhes sobre o conglomerado de conjuntos

de funções no curso, desemaranhados aos poucos, no tocante às temáticas abordadas e debatidas. O debate permitiu que os participantes compreendessem as interações e contextos sociais que moldam a aplicação dessas tecnologias. O grupo formado no primeiro encontro, pontuou a relevância da Modelagem na otimização de sistemas de energia solar. Foram pautados os princípios básicos da energia solar, questões políticas, econômicas e ambientais que estão diretamente associadas a temática.

Na prática, a ênfase foi dada às associações constituídas entre humanos e não humanos durante a construção do conceito matemático, buscando mapear os agenciamentos desencadeados no constituir da rede sociotécnica. Ressaltamos que usaremos o termo *participantes* para nos referir a todos os *actantes* presentes no encontro, considerado seus agenciamentos, incluindo os não humanos.

Não identificamos o professor-formador que agiu como porta-voz¹⁶ para não haver qualquer tipo de hierarquização entre os entes envolvidos, como propõe Latour (2012). Dessa forma, foi apresentado o cronograma do Curso, contendo detalhes sobre o andamento dele até sua conclusão. Na sequência, houve a apresentação dos participantes, com breve fala sobre aspectos acadêmicos e profissionais de cada um para conhecimento e familiarização com os demais. Em seguida, fizemos a demonstração da temática: Energia Solar.

Ao ser apresentada a parte documental do curso, por exemplo, a Lei n.º 14.300/2022 (controvérsia quente) os participantes foram afetados, gerando burburinhos, dúvidas, ideias, discordâncias e concordâncias surgindo outras controvérsias, ao passo que se avançava nas discussões. Desse modo, o fenômeno da agência dos objetos também foi observado quando os participantes realizavam outras pesquisas, bem como no percurso da implementação da tarefa de Modelagem. Dessa forma, notamos o entrelaçamento de diferentes associações. Nos próximos parágrafos, descreveremos práticas laboratoriais nos encontros do curso de *formação-continuada* a respeito do tema *Energia Solar*.

No primeiro encontro, ações como observar, organizar, planejar e participar possibilitaram-nos seguir o fluxo da rede de afetações entre o sujeito-professor-pesquisador e os objetos (todos os participantes humanos e não humanos), conforme Santana (2023). Assim, o professor-formador levantou os seguintes questionamentos aos participantes no tocante à Modelagem e à energia solar: “*Vocês conhecem a energia solar? Quando falamos sobre*

¹⁶ “Agir como um porta-voz é assumir a condição de um tradutor, de um fabricante de fatos, estando na posição de quem fala em lugar de algo ou alguém que não pode ou não sabe falar. Será aquele que irradia ou que representa a controvérsia, estando apto a esta tarefa, arremetendo aliados durante a sua pesquisa” (Melo, 2006, p. 102).

Modelagem e a energia solar, o que vocês pensam? Quais ideias surgem? Poderiam representar numa folha de papel?”.

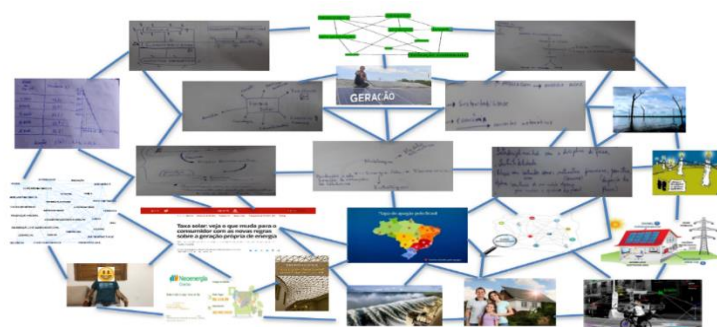
Cada participante comentou sobre suas percepções acerca do que pensam sobre os temas propostos por meio da explanação de mapas mentais. Essa discussão inicial mobilizou a busca por novas informações, além de permear nossa reflexão sobre a energia solar ligada à rede elétrica (*on-grid*) e a opção de não estar ligado à rede elétrica (*off-grid*). Dessa forma, as discussões no primeiro encontro foram importantes para a compreensão sobre os diferentes modos de possuir a energia solar, bem como as vinculações com as questões relacionadas ao meio ambiente, à economia e ao desenvolvimento sustentável.

Nesse contexto, consideramos os fatores: sujeitos e objetos que se afetam (associações entre humanos e humanos, humanos e não humanos, não humanos e não humanos), ou seja, fazem e fazem outros fazerem a exemplo de painéis solares, o consumo de energia elétrica, a “Lei de taxação do Sol”, as questões climáticas e ambientais, os fatores econômicos e sociais em geral, entre outros. Assim, os participantes do curso criaram uma rede de mapas mentais para verificar as possíveis associações entre os temas propostos. Dessa forma, surgiram concordâncias e discordâncias diante das ideias e discussões.

Na rede de mapas mentais, a Modelagem é colocada no centro da discussão, dando protagonismo ao *actante* (fato controverso que fere a TAR, conforme os estudos latourianos), associando-a à obtenção do modelo matemático em relação ao tema *energia solar*, bem como ao tema sustentabilidade. Além disso, a posição da Matemática no trato da Modelagem está presente em diferentes domínios do conhecimento, a exemplo das mídias digitais e televisivas, principalmente contendo reportagens e comerciais de empresas de sistemas fotovoltaicos.

A Figura 17 demonstra a materialização dos estudos por meio de um mapa da rede na *formação* em Modelagem no contexto da energia solar, associando a *formação* ao tema, embasados na TAR. Tal materialização foi concebida pela ação de humanos e não humanos que afetaram e foram afetados por meio de associações ou vinculações entre eles na rede. Desta forma, faz-se necessário aceitarmos que tecnologias, artefatos, entre outros elementos agem em nosso cotidiano. Concordâncias e discordâncias, disputas e incertezas, bem como burburinhos e inquietações surgiram durante o curso na rede de relações formada a partir da junção dos híbridos em prol de um objetivo comum, ou seja, o estudo do fenômeno energia solar. Os *actantes* enredados nessa rede heterogênea tanto influenciaram como foram influenciados a fazer com que as coisas acontecessem.

Figura 17 – Mapa materializando a rede na *formAção* em Modelagem no contexto da energia solar: concordâncias e discordâncias



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Conforme observado na Figura 17, o mapa materializa o social, com os *actantes* enredados performando a rede sociotécnica por meio da Matemática e outros domínios no contexto da *formAção em Modelagem*, tematizando a energia solar. Sugere o trabalho com conceitos matemáticos (ligados à economia), meio ambiente, mídia e tecnologia, entre outros agenciados na pesquisa. Alguns participantes do curso inclusive proporcionaram associações entre modelo matemático, estratégias, resolução e colaboração no tocante a situações do cotidiano. O Participante C, por exemplo, enfatizou que a Modelagem não é sua área específica de estudos, mas tenta visualizar os bastidores de todo o processo que a envolve, associada à energia solar.

O Participante A afirmou que a internet, por meio de páginas de busca utilizando algoritmos, proporciona lembretes sobre os temas pesquisados, à medida que avançamos nos estudos. Caro leitor, observe o quanto a Lei n.º 14.300, de 22 de janeiro de 2022, afetou os participantes da *formAção-continuada* e os brasileiros de modo geral. De certo modo, mesmo sem possuir condições financeiras em determinado momento para instalar o sistema fotovoltaico em suas residências, pequenos comércios, entre outros imóveis, essa Lei fez fazer! Dado o crescimento da energia solar no país, já apresentado neste relatório de pesquisa, suspeita-se que boa parte das instalações ocorreu por conta de as pessoas temerem ser taxadas em suas faturas de energia elétrica.

O Participante B complementou a fala do Participante A, levantando a questão da sustentabilidade, devido ao fato de a energia solar ser renovável, relatando que está em alta essa discussão pública, principalmente em sala de aula, dentro da Matemática. Esse processo voltado à energia solar, ao trabalho de Modelagem, à conexão com a Educação Básica e às possíveis associações envolvendo meio ambiente e tecnologia também foi observado pelos participantes

do curso. O Participante A continuou sua explanação abordando a questão de vinculações de temáticas com diversas áreas. Isso envolveu também a realização de projetos na Educação Básica. Como exemplo, elenca aqueles realizados em comemoração ao Dia do Meio Ambiente nas escolas. Desse modo, dar-se-á o engajamento de professores e demais membros da comunidade escolar no tocante a projetos com o tema *energia solar*, por exemplo, incluindo questões ambientais como a sustentabilidade. É recomendado um trabalho de conquista para a participação dos pares para que tal projeto obtenha o sucesso desejado e abarque um leque de possibilidades de envolvimento e vinculações. Na sequência, ele foi sugerido para o segundo encontro após os participantes realizarem um mapeamento da rede (internet) sobre informações em relação à energia solar, incluindo simuladores, no intuito de agenciar simulações com tais aplicativos.

O professor-formador chamou a atenção dos demais no tocante a propostas de empresas fornecedoras de insumos e instalações; alegou que, na prática, deveríamos conferir as informações testando-as com simuladores de energia solar. Além disso, recomendou que os participantes levassem faturas de energia elétrica objetivando acionar simulações, bem como pesquisas sobre a Modelagem e a energia solar. O intuito era verificar as possíveis associações ampliando as ações iniciadas no primeiro encontro do curso, por meio da dinâmica dos mapas mentais realizada de forma satisfatória. Notamos a variedade de áreas do conhecimento ou domínios que a Modelagem e a Matemática em si abrangem, pois um dos participantes é estudante do curso de Direito. O Direito não explicaria a Ciência e Tecnologia, mas poderia contribuir no estudo das leis que regulamentam a energia solar.

Aproximando-se o encerramento do primeiro encontro, eis que surge uma polêmica partindo do participante C, a qual gerou surpresa, espanto, incerteza e um burburinho entre os demais. A seguinte controvérsia foi instalada: “*Quem possui energia solar em sua residência foi afetado pelo apagão do dia 23 de agosto de 2023?*”. Usuários do sistema fotovoltaico *on-grid* ficam sem energia elétrica em caso de interrupção do fluxo da rede de distribuição. Nesse caso, o usuário utiliza a própria rede elétrica como bateria, já que não possui baterias instaladas para armazenar energia ou um gerador próprio, ou seja um sistema *off-grid*, também chamado de independente. Geralmente, o usuário do sistema conectado à rede pode instalar um aplicativo no celular, *tablet* ou computador para acompanhar a geração de energia solar e verificar se está compatível com o contratado com a empresa.

O Participante A elencou mais um exemplo de afetação em relação ao apagão, ou seja, um membro da família foi até uma farmácia no intuito de tomar um medicamento injetável, mas não conseguiu, pois, as portas de vidro eram elétricas e, com a falta de energia, não se

abriam. Mesmo tendo o funcionário da farmácia (atendente) em seu posto, foi impossível a ação, devido ao fato de as portas não abrirem de forma manual. Notamos a ação dos objetos, dotados de agência ou *actância* nesse caso. Outra afetação sofrida pelo Participante D na cidade de Salvador no dia do citado apagão ocorreu em uma viagem de carro, utilizando o aplicativo de localização *Waze* em seu celular, ou seja, um hiato. Ao ser interrompida a distribuição de energia elétrica, o dispositivo parou de funcionar, prejudicando o sinal da operadora de telefonia móvel. O participante, então, observando que o sistema de metrô daquela cidade também parou, pensou: “*Que desespero devem ter sentido muitos passageiros! Como sairão dos trens, tendo em vista também que as portas são elétricas?*”.

Destacamos outra questão, levantada pelo Participante E, sobre a Lei de taxação do Sol: “*Apenas o Brasil é taxado? Países como Estados Unidos, por exemplo, pagam também?*”. Discutiremos mais sobre essas e outras afetações causadas pelo apagão, bem como os dois tipos de sistemas fotovoltaicos citados mais adiante. Observem que a “rede” se fez presente em todas as situações elencadas nesta seção de forma polissêmica em diferentes domínios, incluindo a Matemática, por meio da fórmula do algoritmo e a tecnologia por meio da “vinculação” ou “associação”. Esses seres constroem e performam o social continuamente. Então, concluímos a descrição da primeira parte do curso.

O segundo encontro foi marcado pela implementação da tarefa de Modelagem, havendo a apresentação, leitura e discussão do Texto Referência sobre a Energia Solar. Além disso, foi exposto o resumo da Resolução Normativa n.º 1.059/2023, da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), e da Lei n.º 14.300/2022, que tratam sobre a geração compartilhada¹⁷ e as porcentagens de “taxação do sol” ao longo dos anos. Também foi estabelecida a situação-problema. Na sequência, trataremos sobre a tarefa proposta no curso de extensão em Modelagem e seus detalhes.

7.1.1 A tarefa de Modelagem

A Modelagem e os materiais curriculares educativos¹⁸ nos fazem refletir buscando compreender como uma tarefa afeta os participantes de um curso e como os participantes afetam a tarefa. Para Latour (2011), a ação não ocorre apenas entre humanos, mas sim por meio de

¹⁷ Modalidade de participação no SCEE caracterizada pela reunião de consumidores, por meio de consórcio, cooperativa, condomínio civil voluntário ou edilício, ou qualquer outra forma de associação civil instituída para esse fim, composta por pessoas físicas ou jurídicas que possuam unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída (Aneel, 2023).

¹⁸ Segundo Davis e Krajcik (2005), são materiais que visam a aprendizagem não só dos estudantes, mas também dos professores.

associações dos *actantes* (humanos e não humanos). Ao aceitarmos a incerteza da ação, ou seja, seguindo as pistas, observamos o que ocorre em nosso meio. Desse modo, as questões da tarefa foram direcionadas à eficiência e geração dos painéis solares ao longo dos anos e às vantagens e desvantagens da instalação do sistema, considerando, por exemplo, famílias de baixa renda ou com um baixo consumo de energia. Além disso, a tarefa nos fez fazer ao analisarmos e refletirmos sobre se o sistema atende, também, nossa realidade.

O texto de referência para a tarefa forneceu algumas informações como a tendência de aumento da energia solar no Brasil, a capacidade de geração de energia de um painel durante o período de 25 anos, podendo chegar a 80% de seu desempenho original, conforme a Revista Exame (Coelho, 2014). Outro dado importante elencado no texto foi a de que a porcentagem da perda de eficiência desse painel por ano refere-se a 3% no primeiro ano e nos subsequentes 0,7% ao ano (Portal Solar, 2023). Porém outras informações foram adquiridas por meio de pesquisas na internet. Dessa forma, no intuito de ampliar o fluxo da rede sociotécnica, foi proposta a tarefa de Modelagem (apêndice).

Após as informações e aprofundamento sobre a “geração distribuída” e a história da energia solar (linha do tempo), bem como a função social dessa energia, conforme a Revolusolar (Falcão, 2021), houve a solicitação de *formAção* de grupos de trabalho colaborativo como anunciado anteriormente. O propósito era começar a analisar a tarefa de Modelagem e, assim, as *formAções* (vamos tratar como: F1 e F2 para nos referir à *formAção* de Grupo 1 e *formAção* de Grupo 2) iniciaram as discussões matemáticas diante do problema, como mostra a Figura 18.

Figura 18 – *FormAção* de Grupos no curso de Modelagem



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Iniciando a tarefa de Modelagem, foi agenciado um estudo de texto que buscou pesquisar sobre as energias renováveis, no intuito de consolidar essa linha temática, realizando

também algumas indagações aos participantes, por parte do professor-formador, tais quais: “Vocês conhecem a história da energia solar fotovoltaica no Brasil e no mundo? O processo de instalação, geração e ações na natureza e no Social são do conhecimento de vocês?”.

Com essa motivação, apresentou-se uma reportagem de TV sobre a possibilidade de obter desconto na fatura de energia elétrica para quem produzisse energia limpa, mostrando a energia solar como possibilidade previsível. A Figura 19 ilustra a reportagem realizada.

Figura 19 – Reportagem sobre a energia solar



Fonte: Band Jornalismo (2022).

No vídeo representado na Figura 19, os participantes notaram que determinado chefe de família teria decidido instalar a energia solar fotovoltaica em sua residência. Em seguida, no curso de extensão, ocorreu a apresentação da história da energia solar, isso inclui a fotovoltaica em projeções por meio do programa *Power Point* e envolve acontecimentos que marcaram esse tema num quadro, performando uma linha do tempo. Além disso, foi tratado sobre partes da Resolução Normativa n.º 1059 da Aneel para reforçar o embasamento teórico. Esse documento também gerou dúvidas e incertezas aos participantes do curso.

Nesse encontro, com base nas informações dos documentos referenciais apresentados, entre outras pesquisas realizadas pelos participantes, bem como efetivados em seus cálculos, eles puderam verificar algo interessante em relação à eficiência de um painel solar. Por exemplo, a princípio, os cálculos consideravam a eficiência de 100% do painel, mas notou-se que ao completar 25 anos de funcionamento o painel operaria com 80% de sua capacidade. Ocorreria, nesse caso, uma perda de aproximadamente 20% de capacidade de geração, devido à perda anual de 3% da eficiência.

Portanto, além dessas informações, devemos considerar o desgaste dos painéis ao longo do tempo. Surgiram muitas controvérsias, dúvidas, debates, discordância e concordâncias entre as *formações* de grupos. Por exemplo, matemática e inicialmente, alguns participantes

pensavam que a função encontrada para a eficiência do painel seria linear, em seguida, alegaram que se tratava de uma exponencial e o comportamento do gráfico mudaria ao passo que este fosse construído. Na seção que trata sobre as discussões do curso, discorreremos sobre a conclusão dessas ideias.

No terceiro encontro, a partir das associações no espaço de *formação* para a ampliação de conhecimentos prévios, ideias, sugestões e demais discussões dos participantes no tocante a temática, foram feitas investigações, seguindo os rastros da energia solar. As ações ou movimentos partiram do mapeamento e organização de dados objetivando a resolução do problema pelos participantes, incluindo produções externas, ou seja, provenientes na internet. Foi feita a leitura da Lei n.º 14.300/2022, que institui o marco legal da “Taxação do Sol” em microgeração e minigeração distribuída. Por meio dessa leitura, os participantes compreenderam alguns conceitos relacionados às unidades consumidoras, ou seja, foram esclarecidas quais são as formas de geração e consumo de energia solar, contribuindo também para despertar ideias na elaboração do modelo matemático diante da situação-problema proposta na tarefa de Modelagem.

Cada tópico estudado e discutido sobre a lei de taxação poderia influenciar nessa construção. Veja que potencializam e guiam nossos olhares, as discussões, a forma como esse documento nos afetam e como afetam a construção do modelo. O objetivo diante da exposição e discussão da lei não era apenas instigar uma discussão teórica, mas também elencar exemplos práticos ao passo que cada trecho do documento era explorado. Os momentos programados para o encontro, associados às pesquisas na internet deram continuidade às ações, começando com a *formação* de Grupos de Trabalho, pois sabemos que não há um grupo, mas sim a *formação* de grupos. Mesmo que estes sejam formados por apenas dois ou três participantes, por exemplo, chegando novos membros ou saindo, observaremos também novas *formações*, mesmo que algumas sejam apenas compostas por um participante.

Tais *formações* também ocorreram no segundo encontro, porém, no terceiro, tivemos uma nova *formação*. Desse modo, os grupos não estavam como nos outros encontros. O segundo não estava como o primeiro, nem como o terceiro, e o primeiro também não se comportou da mesma forma que os outros dois. Ao problematizar e tensionar, os participantes começaram a fazer relações. As questões ou dúvidas tendem a surgir, a exemplo da seguinte: “Quando alguém coloca energia solar em sua casa, realiza antes um estudo?”. Muitas pessoas agem por meio da indicação de um amigo que instalou o sistema. Problematizando a Lei n.º 14.300/2022, matematicamente notamos que o valor pago mensal na fatura de energia elétrica ocorre com base no consumo, ou seja, a materialidade funcional da relação associa o consumo

em *watts* ao valor a ser pago na fatura. Assim, multiplica-se a quantidade de *watts* consumidos pelo preço constante de um *watt*. A cobrança de taxas e impostos também acontece dessa forma.

Em relação às taxas de juros do financiamento para a instalação da energia solar oferecidas no mercado, os participantes buscaram as seguintes informações: variam entre 1,96% e 2,35%. Lembramos que os *actantes* transportam e modificam as informações ao apresentarem uma proposta diferente, pois esses valores poderiam sofrer alterações. Quanto ao excedente de energia gerada, fica como crédito em relação ao que é injetado na rede elétrica. Suponha que sua demanda seja 300 *watts* mensal. Ao gerar 400, o crédito é de 100 *watts*. Tal crédito pode ser repassado para outro imóvel cadastrado em seu nome, ou seja, com o número de seu CPF, ou vendido para a operadora de energia elétrica.

Portanto, no tocante ao excedente de energia, conforme a Lei n.º 14.300/2022, temos cinco opções: ter crédito de energia; transferir para a matriz e filiais do mesmo CPF; repassar para outros empreendimentos da mesma unidade consumidora; direcionar para unidades consumidoras de titular integrante de geração compartilhada atingida pela mesma concessionária; por fim, vender para a operadora. Caso não exista excedente de geração de energia para satisfazer a demanda o usuário, terá valores a mais na fatura a pagar. O consumidor-gerador que passa a concessão de sua energia solar, ou seja, distribuindo para outros usuários (casas alugadas, por exemplo) correria alguns riscos com a má utilização desse sistema, considerando o exagero no consumo de energia elétrica (ligar aparelhos por tempo excessivo, lâmpadas durante o dia etc.). Isso afetaria a geração/consumo.

O Participante A relatou uma situação real ocorrida em sua vizinhança. A empresa operadora de energia elétrica compareceu a uma residência no intuito de interromper o fornecimento de energia. Mas qual é a questão? Seu pai instalou a energia solar e a adicionou a sua casa para ser beneficiada com o excedente. Porém, por não se atentar ou não ter conhecimento de que deveria pagar as taxas e impostos básicos a exemplo da fase da energia, somando-se os valores, associados aos juros e correções, constatou que devia um montante de R\$4.000,00. Todavia, a empresa não o notificou sobre a questão da dívida ou instruiu o cliente sobre o que ele deveria pagar, mesmo possuindo a energia solar em sua residência. As afetações foram instantâneas, gerando constrangimento e angústia, mas a situação foi resolvida com o pagamento integral da dívida.

Outro caso foi relatado pelo Participante E, agenciado em sua residência, pois ele é usuário do sistema fotovoltaico. Ocorreu uma série de ações envolvendo a empresa que vendeu os insumos tecnológicos e instalou a energia solar, bem como a empresa operadora da energia

elétrica, as quais não desempenharam seus papéis de forma organizada, causando inúmeras afetações na família.

Os residentes mantinham a rotina de consumo de energia na casa, porém, em decorrência de ações equivocadas das duas empresas, incluindo a energia solar não injetada na rede, houve um efeito reverso na parte econômica. Em vez de o valor mensal da fatura diminuir, ele aumentou consideravelmente, devido a erros humanos e estruturais (não humanos) na instalação e transição das energias. O fato é que o valor da fatura de energia elétrica da família aumentou 10 vezes, ou seja, pouco mais de R\$100,00 subiu para mais de R\$1.000,00. Será que algum insumo tecnológico não funcionava bem, a exemplo de microinversores, disjuntores, medidores ou painéis?

Após muito desgaste, muitas investidas, deslocamentos de um ponto a outro e comprovações por parte da família afetada, as empresas enviaram técnicos especializados, que detectaram a falta do medidor específico para a energia solar e outro para a elétrica. Deveria haver a associação entre os dois sistemas (elétrico e fotovoltaico) no trato da energia. Daí, resolveram esses e outros problemas detectados; e o sistema, agora estável, funcionou de forma satisfatória, proporcionando um valor na fatura de, aproximadamente, R\$ 70,00.

Nesse caso, segundo a Lei n.º 14.300/2022, apuradas as falhas no sistema fotovoltaico, comprovando não serem de responsabilidade do consumidor, a concessionária ou a permissionária deve ser responsabilizada pelos erros. Caso a empresa responsável pelo sistema fotovoltaico tenha instalado de forma correta e a empresa operadora de energia elétrica tenha liberado a utilização sem averiguar se tudo organizava desse modo, a responsabilidade recai sobre esta última. Ela deverá agilizar o funcionamento adequado do sistema e reparar o consumidor de possíveis perdas financeiras, por cobranças indevidas.

Em seguida, outro questionamento surgiu entre os participantes do curso de extensão: em caso de mudança de residência, a instalação do sistema fotovoltaico sofrerá alterações? Essa dúvida foi sanada, após pesquisas na *internet*, constatando que o usuário teria que passar por toda a instalação dos insumos ocorrida na primeira oportunidade, incluindo alteração de endereço em seu cadastro e nos contratos com as empresas envolvidas. Nesse caso, após o prazo estabelecido na lei de taxação, o usuário seria afetado pelas cobranças, já que novos agenciamentos dos *actantes* enredados aconteceriam.

Dando continuidade às ações do curso, cada participante deveria instalar o aplicativo Intelbras Solar para simular a instalação da energia solar, com base nas faturas de energia elétrica levadas para casa. O Participante F ao tentar realizar o cadastro no aplicativo da Intelbras Solar; no último passo, houve um hiato ou empecilho técnico. O aplicativo requeria

um cadastro considerado detalhista, o que dificultava o andamento da pesquisa pelos participantes, ou seja, um atendente da empresa solicitou o código para concluir o cadastro, o qual não foi enviado para o participante. O mesmo fato se estendeu aos demais que tentaram realizar o cadastro. Surgiu então a necessidade de se pensar numa solução. Dessa forma, a solução foi mudar de ferramenta, instalando nos aparelhos celulares o *Solar On*; houve progresso, dando seguimento à simulação. Na sequência, ocorreu a socialização de estratégias utilizadas na resolução da situação proposta a partir das investigações envolvendo os conteúdos matemáticos encontrados, bem como a possível construção do modelo matemático.

No quarto encontro, aconteceu a socialização e sistematização das soluções, por meio da análise do processo e dos resultados obtidos na aplicação da tarefa de Modelagem. Realizou-se uma descrição ampla e detalhada, socializando os dados analisados pela *formAção* de grupos. A apresentação de possíveis modelos matemáticos sobre a utilização da energia solar fotovoltaica pôde ser notada em relação à tarefa. Houve uma discussão também sobre as taxações e sobre como estas influenciaram na elaboração, definição e/ou redefinição dos modelos encontrados. Alguns participantes, no trato da tarefa proposta, ao realizarem simulações no aplicativo de instalação de energia solar e cálculos considerando o valor da fatura de energia elétrica começaram a conjecturar e a dialogar sobre a situação das famílias que têm um consumo baixo: “*Seria interessante a instalação da energia solar nesse caso? Como ficaria o tempo de retorno do valor investido em caso de instalação do sistema para essas famílias? É compensatório?*”.

Questões como essas geraram um movimento intrínseco de discussões, concordâncias, discordâncias, dúvidas e incertezas nesse encontro e as controvérsias continuaram a surgir na *formAção* em Modelagem, pois, quando se envolve o financeiro, abala-se a estrutura da economia. Os participantes, ao realizarem seus cálculos matemáticos modelando situações, notaram que, caso fosse adquirido o sistema via pagamento à vista, tanto o retorno do investimento quanto o valor total do projeto diminuiriam consideravelmente. Um financiamento prolongado não seria a opção mais adequada. Por outro lado, as taxações da Lei estudada, bem como os impostos que incidem sobre a fatura de energia elétrica, deixaram alguns participantes em dúvida sobre a viabilidade real da energia solar, principalmente nas residências brasileiras.

Além disso, ao calcularem a eficiência dos painéis ao longo dos anos, como proposto na tarefa, notaram que a diminuição da geração prejudicaria ainda mais as famílias, pois a taxaço seria inversamente proporcional à eficiência dos painéis. Quanto mais os painéis diminuem sua eficiência, chegando a 60% de sua capacidade e caindo gradativamente até não conseguir gerar

ao longo dos anos, os percentuais de aumento dos valores a serem pagos anualmente sairiam de 15% até chegarem a 90%. Para o quantitativo em relação à fatura de energia elétrica, também consideraram a tarifa de energia do município onde o imóvel está localizado, pois há, conseqüentemente, variação de percentuais e valores.

Os participantes da F1, por exemplo, observaram a estrutura da energia elétrica instalada no imóvel, ou seja, constataram se a rede era monofásica, bifásica ou trifásica, pois cada uma tem um valor de taxa específico. Nesse caso, no primeiro ano de utilização do sistema fotovoltaico, considerando a taxação do sol e a tarifa mínima, conforme os participantes, no primeiro ano, o usuário pagaria 15% sobre o valor da fatura somados aos R\$39,00 (taxa mínima) até atingir 90% em 6 meses. Em 5 anos, tal usuário, de acordo com seu consumo de energia, correria o risco de gastar com energia elétrica praticamente os mesmos valores pagos antes de instalar a energia solar em seu imóvel, fato considerado controverso.

O quinto e último encontro foi marcado pela apresentação das soluções das *formAções* de Grupos de Trabalho e envolveu uma descrição detalhada realizada pelos participantes do curso de extensão. A partir das provocações tecidas nos encontros anteriores, discussões, questionamentos, pesquisas na internet, apresentação e exploração de documentos, simulações no aplicativo *Solares On*, entre outras ações, as *formAções* socializaram suas respostas diante da tarefa. A cada apresentação, seria garantida a circulação de discussões entre os demais participantes. Na socialização das respostas, basicamente, os participantes se mostraram afetados pelo curso e chegaram a um modelo matemático sob o mesmo ângulo, mas com pontos de partida distintos, a partir das produções e discussões em sala.

Duas questões sobre a instalação da energia solar mobilizaram e motivaram a ação da F2, por exemplo: “*Vale a pena? Quais os benefícios?*”. Nesse sentido, mapearam a rede (*internet*) a fim de produzir mais informações sobre a energia solar. Mostraram como ocorre a geração a partir da luz do Sol, incidindo nos painéis, passando pelo inversor, convertendo-se em energia elétrica. As discussões caminharam para outras, que continham também demandas de outros domínios além das Ciências Exatas, com raízes epistemológicas distintas.

A partir disso, iniciaram a apresentação das soluções das questões propostas na tarefa de Modelagem, a qual veremos na próxima seção. Neste último encontro para finalizar as ações, foi realizada a apresentação de uma síntese sobre tudo o que foi discutido no Curso de Extensão em Modelagem, em conexão com a Energia Solar. A seção seguinte contempla os resultados apresentados pelos participantes da *FormAção*, a qual também envolveu a aplicação de uma tarefa, como mostrado anteriormente.

7.2 Apresentação dos resultados dos participantes do curso

A F1 expressiu suas ideias, interpretações, construção de estratégias, fórmulas e operações matemáticas, bem como modelos, evidenciando de modo profundo a resolução das situações propostas. Os conceitos foram usados pelos participantes para oferecer possíveis soluções para o mundo real, a exemplo do trato da “Energia”, tema instigante pertencente ao cotidiano das pessoas.

A Figura 20 traz o comportamento da eficiência de um painel solar, segundo os participantes, por meio de um modelo que representa a perda de eficiência desse painel fotovoltaico por funções simultâneas. Trata-se da porcentagem de energia convertida em eletricidade por m² que um painel solar pode gerar. Por exemplo, se um painel solar tem eficiência de 15%, ele converte esse mesmo percentual em energia elétrica por m² por meio da irradiação solar captada em sua superfície. modelo apresentado evidencia uma mistura de conceitos e operações matemáticas para chegar ao resultado esperado em determinada situação-problema.

Figura 20 – Modelo para a perda de eficiência de um painel solar por funções simultâneas

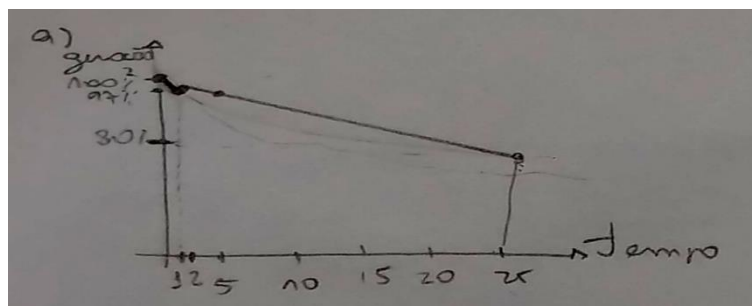
$$D(x) = \begin{cases} 100\% = 37\%(x) & ; 0 \leq x \leq 1 \\ 97\% - 0,7\%(x-1) & ; x > 1, x \in \mathbb{N} \\ y \in \mathbb{N} \end{cases}$$

5	-	$D(5) = 37\% - 0,7\%(5-1) = 94,2\%$
10	-	$D(10) = 37\% - 0,7\%(10-1) = 90,7\%$
15	-	$D(15) = 37\% - 0,7\%(15-1) = 87,2\%$
20	-	$D(20) = 37\% - 0,7\%(20-1) = 83,7\%$
25	-	$D(25) = 37\% - 0,7\%(25-1) = 80,2\%$

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Como pode ser visto na Figura 20, por meio de uma função $D(x)$, construiu-se um modelo considerando o percentual de perda de eficiência de um painel solar no primeiro ano e a partir do segundo ano, tendo em vista que seu valor relativo é de 80,2%. Assim, demonstra-se que, ao atingir 25 anos de uso, o painel operará com a capacidade de geração de 80% em média. Então, para ampliar a construção do modelo matemático, opta-se pela representação de um gráfico linear. Isso é realizado por meio de um modelo de função simultânea, ou seja, a geração do painel solar em função do tempo em anos para demonstrar a perda de eficiência de um painel ao longo de 25 anos, como apresentado na Figura 21.

Figura 21 – Gráfico do modelo de função simultânea: geração x tempo



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Considerando esse modelo matemático aos 50 anos de uso, o painel opera em torno de 60% da capacidade. Em seguida, tomou como base um painel de 545 Wp (Watts de potência), o qual consegue gerar 60 kWh (kilowatts por hora) em média. Daí, a F1 mostrou, de forma coextensiva, a geração do painel fotovoltaico ao atingir 25 anos de uso, como pode ser visualizado por meio da Figura 22:

Figura 22 – Geração de um painel solar em kWh com inversor de 545 Wp

$$f(x) = \begin{cases} 60 - 3\% \cdot 60 \cdot (x) & ; 0 \leq x \leq 1 \\ 50,2 - 0,7\% \cdot 50,2 \cdot (x-1) & ; x > 1 ; x \in \mathbb{N} \end{cases}$$

$$f(25) = 50,2 - 0,7\% \cdot 50,2 \cdot (25-1)$$

$$f(25) = 48,4224$$

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

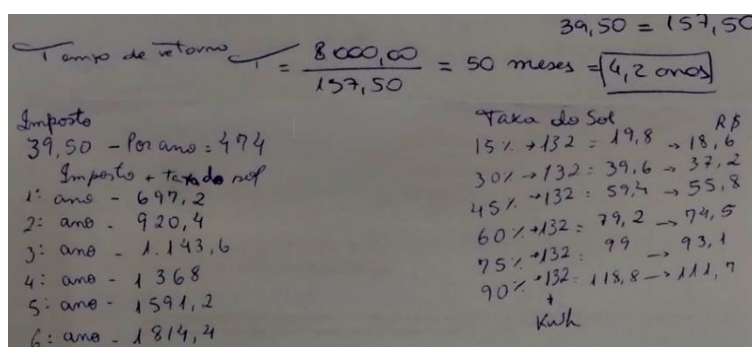
Verificando matematicamente por meio de uma função $f(x)$ a capacidade de geração do painel solar, utilizando um painel de 545 Wp (Watts de potência), a F1 fez uso do aplicativo Solares On¹⁹ (2024) para analisar os custos de instalação da energia solar para uma residência. Para tal fim, tomou como base a fatura de energia de um dos participantes, com um consumo de 132 kWh numa rede bifásica, no valor de R\$197,00, sendo pago R\$0,94 por kWh. Segundo a simulação no aplicativo, temos: área mínima necessária de 6m²; potência demandada de 1,15 kWp; produção mensal em kWh:138,32; necessidade de 1 inversor de 1 kWp; 3 painéis de 380 Wp. Sendo assim, o valor aproximado do sistema e instalação seria de R\$8.000,00; a economia

¹⁹ É uma ferramenta prática e direta para aqueles que desejam ter um sistema de energia solar na sua casa. Ela faz o dimensionamento do sistema, baseando-se no consumo energético do imóvel e na área disponível para a instalação (Solares On, 2023).

anual, R\$1.288,06; tempo de retorno do investimento, 3,5 anos (sem impostos e “taxação do sol”). O cálculo é feito dividindo o capital investido pelo valor pago na fatura de energia elétrica, sem impostos e taxaço.

Em seguida, foi feita uma análise considerando uma taxa mínima de energia mensal, referente à rede bifásica no valor de R\$39,50, que resultaria num retorno em aproximadamente 4 anos, ou seja, 4,2 anos. Nesse caso, os cálculos realizados para identificar quais seriam os valores pagos por ano, tanto da taxa mínima quanto de seu somatório com a “taxa do Sol” (Lei n.º 14.300/2022) podem ser visualizados na Figura 23.

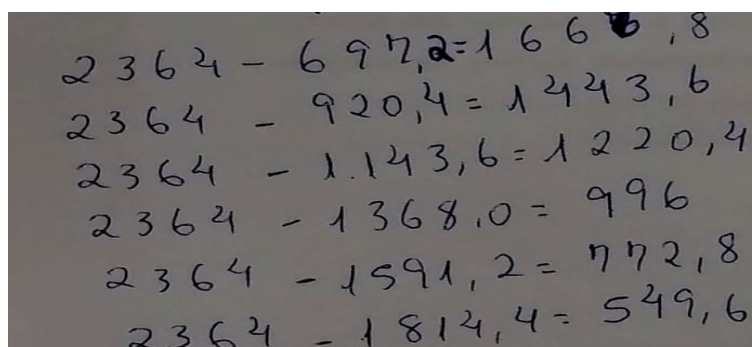
Figura 23 – Cálculo do tempo de retorno com taxa mínima



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Dessa forma, matematicamente considerando o pagamento mensal de R\$ 197,00 da fatura de energia elétrica, temos $8.000:157,50 \approx 4,2$. Nesse caso, o valor do sistema com a instalação equivale a aproximadamente 40 meses de pagamento (tempo de retorno do investimento com impostos e “taxa do Sol”). Com isso, os cálculos dos valores a serem pagos por ano incluindo a taxa mínima e da “taxa do Sol” podem ser visualizados na Figura 24.

Figura 24 – Valores pagos por ano considerando a taxa mínima e a taxa do Sol



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Calculando o consumo a cada ano segundo a F1, com base nas discussões, modelações e informações das Figuras 23 e 24 bem como considerando a taxa mínima somada à taxa do Sol, concluímos que, em 2029 (ano em que a taxa do sol já está com seu valor máximo de 90%), haverá um retorno de R\$6.649,2 do valor investido. Se a taxação permanecer com esse percentual em relação ao valor da conta de energia elétrica, apenas no ano de 2032, ou seja, 9 anos depois, ocorrerá o *payback* (retorno total do investimento).

A F2, em sua apresentação, socializou ideias, modelos matemáticos e soluções em relação ao que foi solicitado no tocante às discussões do curso, bem como à tarefa de Modelagem, indicando todo o trajeto até chegar ao resultado. Os participantes afetados pela *formAção* utilizaram objetos técnicos inteligentes para agenciar uma reunião virtual, por meio de uma chamada de vídeo no aplicativo *WhatsApp* para concluírem sua apresentação no encontro final do curso.

A partir do problema discutido e apresentado, emergiram, por exemplo, conteúdos matemáticos, como função e gráficos. Os participantes, então, entraram em “conflito”, pois a dúvida em relação ao tipo de função empregada, ou seja, logaritmo, exponencial, linear, constante, entre outros conceitos matemáticos, foi inevitável.

Apesar das concordâncias e discordâncias iniciais (controvérsias), de maneira geral, considerou-se a perda de eficiência do painel no primeiro ano e após esse período. Então, esta será 3% de 100%, e, em seguida, a partir do segundo, 0,7% de 80%, tendo em vista a redução de 20%. Por fim, chegaram a uma função afim. O Quadro 5 traz a eficiência do painel solar em função do tempo de uso.

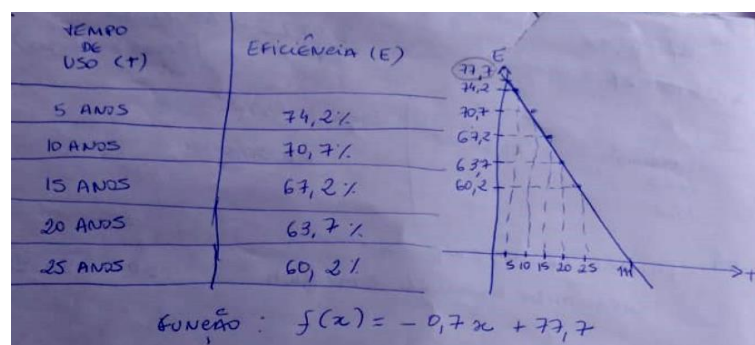
Quadro 5 – Tempo de uso e eficiência de um painel solar

Tempo de uso (anos)	Eficiência (%)
2	76,3
3	75,6
4	74,9
...	...
5	74,2
10	70,7
15	67,2
20	63,7
25	60,2

Fonte: dados da pesquisa (2024)

Desse modo, ao longo dos anos, a eficiência dos painéis solares diminuiu. E, como a quantidade de geração de energia solar está diretamente ligada à eficiência dos painéis solares, concluímos que essa geração também diminuirá. A Figura 25 mostra um modelo de eficiência de um painel solar construído pelos participantes.

Figura 25 – Modelo que representa a eficiência dos painéis solares



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Notem que foi calculada a eficiência de um painel solar em função do tempo em anos, mediante o gráfico da Figura 25 tomando a função $f(x) = ax + b$, $1 \leq x \leq 25$, ou seja, considerando o intervalo 5 a 25 anos, tem-se $f(x) = -0,7x + 77,7$. Além das informações sobre o tema *energia solar*, na resolução das situações propostas, utilizamos diferentes conceitos matemáticos, como: função afim, cálculos aritméticos, juros, proporcionalidade, porcentagem, regra de três e gráficos.

A partir desse ponto, começamos a pensar sobre a questão do consumo das residências, ou seja, não seria mais compensatório colocar o sistema de energia solar, de acordo com os investimentos e o pagamento de taxas, de modo que suas despesas pudessem se igualar à conta de energia elétrica? Dessa forma, ocorreu um avanço no processo.

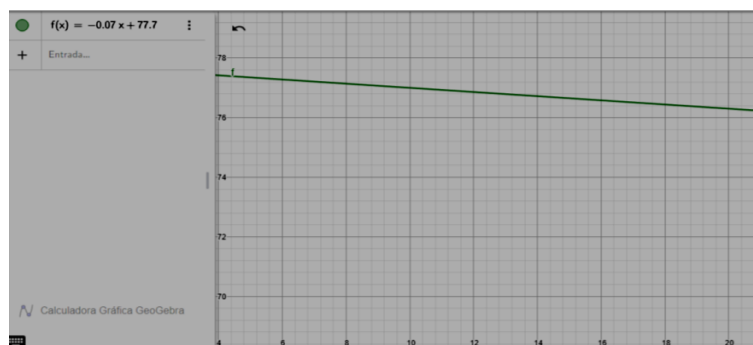
A F2 expôs uma proposta interessante, no sentido de ampliar a representação sobre as relações de tempo em anos e eficiência percentual das placas de energia solar de forma mais detalhada e realista, utilizando o *software GeoGebra*²⁰. Essa ferramenta permite apresentar os conteúdos matemáticos de formas diversas, ou seja, trabalhando conceitos com uma possibilidade de melhor compreensão, de modo que se aja em duas ou três dimensões.

Na materialização proporcionada pelo *GeoGebra*, a relação entre humanos e não humanos desencadeou uma representação mais acentuada, em termos de visualização, bem como no sentido da construção do modelo matemático. Entendemos que a utilização do *software GeoGebra* em ambientes diversos proporciona uma melhor compreensão e

²⁰ O *GeoGebra* é um *software* de matemática dinâmica para todos os níveis de ensino que reúne Geometria, Álgebra, planilhas, gráficos, Estatística e cálculo em um único motor. Além disso, oferece uma plataforma *on-line* com mais de 1 milhão de recursos de sala de aula gratuitos criados por uma comunidade multilíngue (GeoGebra, 2024).

envolvimento no evento, além da dinâmica nas construções desse recurso tecnológico. A figura 26 contempla tal representação.

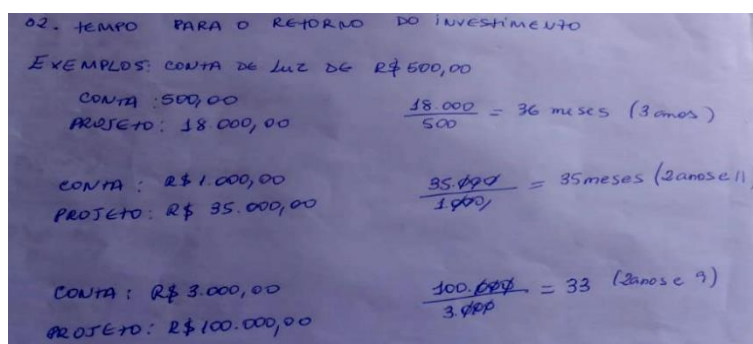
Figura 26 – Representação gráfica da eficiência dos painéis solares utilizando o *GeoGebra*



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A F2 alertou que a motivação maior para utilizar o *GeoGebra* na confecção do gráfico teve a motivação de chamar a atenção do aluno e sugeriu que, no trato de situações em sala de aula da Educação Básica, seria mais viável a construção do gráfico em sintonia com o aluno. Com a utilização da calculadora gráfica do *software*, entre outras funcionalidades, essa proposta amplia a possibilidade de lidarmos com o uso das tecnologias no ensino de Matemática, levando para a sala de aula novas representações sobre os gráficos. Na sequência, a F2 apresentou uma simulação estimando o tempo para o retorno (*payback*) do investimento em um sistema de energia solar fotovoltaica, como pode ser visualizado por meio da Figura 27.

Figura 27 – Simulação do tempo para o retorno do investimento em um sistema de energia solar



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

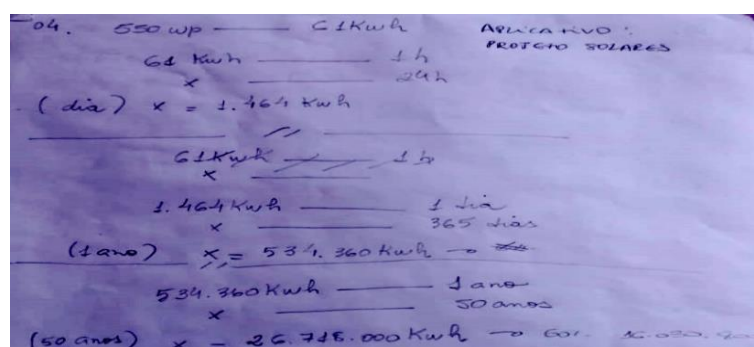
Segundo a configuração apresentada, ao tomar como base para os cálculos o valor mensal da fatura de energia elétrica de um dos participantes, que paga R\$500,00 e apresenta um consumo de 449,02 kWh, considerando o valor total do projeto R\$ 18.000,00, o tempo de

retorno do investimento seria de aproximadamente 36 meses (2 anos). Em uma simulação pelo aplicativo *Solares On* (2024) para a instalação do sistema, temos: área mínima necessária de $7,41\text{m}^2$; potência demandada de $3,70\text{ kWp}$; escolha do sistema de 6 painéis de 550 Wp ; produção mensal de $423,70\text{ kWh}$. O tempo de retorno na simulação é basicamente o mesmo calculado manualmente pela F2.

Considerando o valor hipotético de R\$1.0000,00 mensais de fatura e um consumo de $898,04\text{ kWh}$, com o total do projeto, R\$35.000,00, o tempo de retorno do investimento seria de aproximadamente 35 meses (2 anos e 11 meses). Pelo aplicativo *Solares On* (2024), temos: área mínima necessária de $33,58\text{m}^2$; potência exigida de $15,50\text{ kWp}$; escolha de um sistema de 13 painéis de 550 Wp ; produção mensal de $919,89\text{ kWh}$. O tempo de retorno permaneceu em 3 anos.

No caso do valor hipotético de R\$3.0000,00 mensais de fatura e um consumo de $898,04\text{ kWh}$, com o valor total do projeto, R\$35.000,00, o tempo de retorno do investimento seria de aproximadamente 35 meses (02 anos e 11 meses). Pelo aplicativo *Solares On* (2024), temos: área mínima necessária de $108,00\text{m}^2$; potência demandada de $23,00\text{ kWp}$; seleção de um sistema de 40 painéis de 550 Wp ; produção mensal de $3012,72\text{ kWh}$. O tempo de retorno é de pouco mais de 2 anos. Em relação à capacidade de geração em kWh do painel de 550 Wp em diferentes tempos ao passar-se 50 anos, temos a Figura 28.

Figura 28 – Capacidade de geração em kWh do painel solar em diferentes tempos



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Por uma regra de três simples, conclui-se que a capacidade de geração de um painel solar de 550 Wp em kWh é de, aproximadamente, 60%. Para justificar as conclusões, foram criados modelos matemáticos; por meio deles, é possível realizar as análises das vantagens e desvantagens da utilização da energia solar, que dependem do consumo de cada residência. Nesses modelos, apareceu uma série de conteúdos matemáticos: função afim, estudo de gráficos e tabelas, razão, grandezas e porcentagem. Por meio do Quadro 6, visualizamos resumidamente

os valores para projetos e o tempo de retorno, considerando faturas de energia elétrica nos valores de R\$500,00, R\$1.000,00 e R\$3.000,00.

Quadro 6 – Simulação de valor do projeto e tempo de retorno do investimento

Valor da fatura de energia elétrica	Valor do projeto	Tempo de retorno
R\$500,00	R\$18.000,00	36 meses (3 anos)
R\$1.000,00	R\$35.000,00	35 meses (2 anos e 11 meses)
R\$3.000,00	R\$100.000,00	33 meses (2 anos e 9 meses)

Fonte: dados da pesquisa (2024)

Como um painel solar fotovoltaico de 550 Wp gera em torno de 61 kWh, ou seja, 61 kW a cada hora, utilizando razão e proporção, temos que: em um dia (24 horas), essa geração será de 1.464 kWh (61 kW x 24 h=1.464 kWh); e, em um ano (365 dias), será de 533.360 kWh (1.464 W x 365 dias=534.360 kWh). Ao tomar o fato de que, em um ano, a geração é de 533.360 kWh, temos que: em 50 anos, a geração seria de 26.718.000 kW. Supondo 75 anos de geração, matematicamente, obteríamos 40.077.000 kWh.

Devemos levar em consideração uma margem de erro, já que o painel mais antigo tem 60 anos e ainda possui 50% da capacidade de produção de energia; então, é provável que a geração em 75 anos seja menor que a calculada. Para uma fatura mensal no valor de R\$ 435,00, por exemplo, o investimento do projeto chega a R\$20.900,00. Seriam necessários 48 meses de pagamento para atingir, aproximadamente, R\$10.000,00. Há uma diferença de mais de R\$10.000,00, correspondendo à metade do investimento para implantar a energia solar.

Então, imaginem que, para recuperar o investimento na aquisição e instalação da energia solar, ao terminar de pagar não se levaria em conta, por exemplo, os aumentos nas tarifas adicionais, incluindo o valor do kWh e a taxa nominal de energia elétrica. Considerando o exposto até o momento, na seção seguinte, apresentaremos os resultados desse Curso de Extensão em Modelagem em que a energia solar como contexto e a análise simétrica da lente da TAR foram fatores importantes.

7.3 Discussão dos dados do curso

Por Latour (2012), tentamos escrever um relato de risco (quinta fonte de incerteza) ao descrevermos as ações dessa *formação-continuada*, tendo em vista que registramos os caminhos, rastreamos as conexões e mapeamos as controvérsias, sem procurar resolvê-las, seguindo os *actantes*. Conforme Lemos (2013), sempre que os rastros dos *actantes* estiverem visíveis, podemos mapear as controvérsias. Ressaltamos a necessidade de estabelecer conexões entre os muitos mediadores que pululam a cada passo, sendo reflexivos, articulados e

idiossincráticos quanto aos atores que cooperaram em sua elaboração (Latour, 2012, p. 179). Os resultados obtidos na *formação* indicam que as associações e controvérsias mapeadas partem da tecedura de uma rede de ligações entre humanos e não humanos no tocante à geração da energia solar fotovoltaica, das afetações, das interrupções do fluxo da rede e de sua retomada.

Nas discussões do curso em meio a um emaranhado de concordâncias e discordâncias, argumentos e contra-argumentos, alguns participantes conseguem perceber as associações entre os *actantes* (humanos e não humanos), afirmando que tudo está conectado em uma rede. Eles tentaram proporcionar um melhor entendimento no que se refere às ligações entre os *actantes* e suas afetações em seu esquema por meio de desenhos. Conforme Salgado (2019, p. 17), “em ação, os atores mobilizam outros atores, os quais, por sua vez, mobilizam outros e assim sucessivamente”. Para o autor, tal ação é coletiva e envolve associações de atores heterogêneos. Observem que os mapas mentais apresentados no curso não conectam diretamente a Modelagem aos temas *economia, sustentabilidade e conceitos matemáticos*, o que caracteriza uma controvérsia conceitual. Dessa forma, observamos que os *actantes* engendrados não estão totalmente entrelaçados, ou seja, as “setas que vão não voltam”.

No Brasil, as famílias mais carentes se cadastram no programa social oferecido pelo Governo Federal para a tarifa especial de energia elétrica. Mas, atualmente, acontece a retirada de várias famílias desse programa. Alguns participantes questionaram esse fato: “*Será que essa retirada ocorre por conta do aumento do número de aquisições da energia solar? O que está associado a isso? A produção de energia solar estaria afetando os programas sociais?*”. Mais uma polêmica foi instaurada, ou seja, mais uma controvérsia foi mapeada nesse estudo na prática do laboratório. Para investigarmos, precisamos seguir o fluxo dessa rede.

O trabalho em sala de aula inovador inclui os conceitos matemáticos. Por meio da Modelagem, eles foram percebidos e discutidos para comprovar se vale ou não a pena instalar o sistema fotovoltaico. Alguns participantes pensaram em instalar a energia solar em casa, mas concluíram, em seus estudos, que não seria viável adquirir o sistema fotovoltaico. Tais conclusões baseiam-se em modelos matemáticos constituídos em suas pesquisas, cálculos matemáticos, principalmente fundamentados na fatura de energia elétrica de valor considerado baixo. Isso vale principalmente quando a taxação do sol atinge a porcentagem máxima do valor da fatura associado à variação da taxa mínima mensal. Dessa forma, uma dúvida permaneceu ao finalizar a *formação* em Modelagem, associada à energia solar: “*O que acontecerá quando a taxação atingir 90%? Qual será a ação do governo ou do Congresso diante do caso?*”.

Ressaltamos que alguns participantes do curso envolvendo os temas Modelagem e Energia Solar não se atentaram à questão das associações com a sustentabilidade, no que tange

à formação da “rede”. A materialização, por meio dos esquemas apresentados, no tocante aos mapas mentais, por exemplo, em geral, não corresponde às características da TAR, pois percebemos quebras nas ligações entre os *actantes*. Porém, eles enfatizaram a importância do trabalho com conteúdos matemáticos nas ações, principalmente no que concerne às tarefas de Modelagem. As possíveis associações dos temas abriram discussões também em relação à tecnologia no trato dos insumos tecnológicos e mão de obra para a instalação do sistema fotovoltaico.

A energia solar foi associada por participantes do curso à família, conteúdos matemáticos a exemplo de função, às políticas públicas, às residências, ao financeiro (economia em valores), à Educação (escolas) etc. Além disso, o Sol e o mar, por exemplo, desgastam mais os painéis solares, proporcionando durabilidade e eficiência menores. Considerando painéis instalados próximos à região Nordeste como grande potencial de incidência de raios solares em boa parte do ano e ao mar, temos um desgaste bem maior do que em outras situações mais favoráveis. Portanto, o plano de manutenção deveria ser diferenciado para esses casos, objetivando um melhor desempenho e durabilidade.

Outra controvérsia conceitual observada foi a possibilidade da existência da interdisciplinaridade apenas com a disciplina de Física para os temas propostos, ou seja, Modelagem e Energia Solar. Sabemos que a Matemática pode interagir com outras áreas do conhecimento além das Ciências Exatas. Ademais, a sustentabilidade foi abordada de forma independente, porém apresentou vinculações com temas e conteúdos matemáticos, a exemplo da Geometria presente na disposição dos painéis solares, destacando a questão de sua eficiência energética. Ademais, a construção de um modelo matemático foi efetivada para medir essa eficiência. A Família e o Estado foram considerados instituições importantes nesse processo que envolve o social, principalmente no que tange a questões econômicas, a exemplo da conscientização sobre o consumo, incluindo o reconhecimento do papel da Matemática no contexto.

Em relação à viabilidade da instalação da energia solar, as *formações* de grupos concluíram que ela só valia a pena para os usuários que ainda não foram taxados. Porém, a ação de adquirir os insumos, mão de obra, entre outros de forma financiada, ou seja, parcelada em muitas vezes não seria vantajoso visto que geraria incertezas quanto à viabilidade devido ao investimento financeiro ser alto e o retorno prolongado. Se não conseguir reduzir a conta de energia elétrica após a instalação do sistema fotovoltaico em, pelo menos, 50%, o consumidor continuará sem economizar o suficiente em relação ao investimento realizado. Nesses casos, notamos que a quantidade de painéis foi insuficiente para a demanda. Assim, devemos pensar

num projeto de ampliação da rede fotovoltaica. Quanto mais painéis, mais produção de energia e mais economia.

Segundo Latour (2012, p. 71), precisamos recorrer a uma segunda fonte de incerteza relativa à natureza heterogênea dos ingredientes que formam os laços sociais: “A ação é assumida”. As afetações evidenciadas no curso, mas não restritas a humanos, reforçam a presença da terceira fonte de incerteza que Latour (2012, p. 97) sublinha: “Os objetos também agem”. Quando há inércia, não é TAR! Sendo assim, com base nos estudos apresentados, entre outros referentes à TAR e à Modelagem, segue um exemplo que surgiu na *formação-continuada* em Modelagem que mostra como incertezas e/ou controvérsias podem ser percebidas. No curso de extensão, refletimos, por exemplo, sobre: “*Por que quem tem energia solar teve também sua energia elétrica não fornecida durante o último apagão?*”.

Conforme Catto e Bolzani (2023), no dia 15 de agosto de 2023, o Brasil passou por um verdadeiro blecaute (situação em que ocorre o desligamento de parte considerável da carga de energia ou da totalidade dela). Conforme os autores, o fato ocorreu devido a uma falha no sistema de gerenciamento de energia elétrica nacional, comandado pela Aneel. A maioria dos estados foram prejudicados pelo evento, com exceção de Roraima. Vale lembrar que as discussões sobre tal assunto geraram burburinho, polêmica, discordância, entre outras afetações entre os participantes do curso. A Figura 29 mostra o mapa do apagão no Brasil nesse dia:

Figura 29 – Mapa do apagão no Brasil em 15 de agosto de 2023



Fonte: A Folha (2023).

Como mostra a matéria e o mapa da Figura 29, o fenômeno foi observado em quase todas as unidades da federação, menos no estado de Roraima, devido a este não fazer parte do Sistema Interligado Nacional (SIN). O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) apresentou na sexta-feira (25 de agosto do mesmo ano) um relatório preliminar indicando que o desempenho abaixo do esperado das usinas próximas à linha de transmissão Quixadá, Fortaleza II, de propriedade da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (Chesf), pode ter sido

a causa da queda de energia. Sobre essa questão, o Relatório de Análise de Perturbação n.º 00012/2023 (final) do ONS foi apresentado no dia 18 de outubro de 2023. Ele contempla, em resumo, a seguinte conclusão envolvendo o Subsistema Nordeste, o centro da polêmica criada pelo próprio órgão:

Parte do Subsistema Nordeste - Esse sistema separou do restante do SIN cerca de 19,8 s do início da perturbação numa condição de sobrefrequência e sobretensão. A sobretensão sistêmica provocou o desligamento de linhas de transmissão, equipamentos e unidades geradoras por atuação de proteções de sobretensão. A configuração resultante manteve uma ilha estável com equilíbrio de carga e geração, composta por hidráulicas remanescentes e principalmente fontes eólicas e fotovoltaicas (ONS, 2023, p. 371).

Notem que, segundo esse trecho das conclusões do Operador Nacional, houve uma sobretensão (tensão elétrica maior do que um circuito elétrico pode suportar) e cita-se a sobrefrequência (recurso usado para monitorar a frequência de potência). Nesse caso, ele pode ter sido configurado para desarmar o regulador, caso ocorresse alta excessiva da frequência. Dessa forma, houve um curto-circuito que abalou a estrutura de parte do subsistema Nordeste, comprometendo a estrutura e, conseqüentemente, a distribuição de energia elétrica. O desligamento dos demais sistemas do país, até mesmo por precaução, foi inevitável, segundo o operador. A relação com outras fontes de energia, a exemplo da fotovoltaica, é perceptível nesse caso. Ainda sobre o assunto, o ONS (2023, p. 374), em seu relatório final, salienta que

o centro de operação da Chesf constatou que a origem da causa do desligamento tinha sido externa e que não havia nenhuma proteção impeditiva para os equipamentos das subestações que fazem parte da recomposição fluente da Área Sul. Então, de forma proativa, realizou contato com a operação do ONS e, em caráter informativo, disponibilizou a Área Sul para início da recomposição.

O trecho mostra uma controvérsia nas informações preliminares do ONS, de certo modo, atribuindo, a princípio, a causa do fenômeno à estação de Quixadá no estado do Ceará, antes mesmo de iniciar as investigações. É um erro que não podemos cometer ao trabalharmos com a TAR, principalmente no contexto da Modelagem. Devemos considerar inclusive que, conforme o ONS (2023, p. 14), a perda de uma única linha de transmissão foi consequência do desempenho inesperado dos parques eólicos e fotovoltaicos observado em campo. Essa afetação desencadeou a interrupção do fluxo da rede, prejudicando quase a totalidade do país. Vale ressaltar que os estudos se utilizam de modelos matemáticos. Portanto, segundo o documento, a Chesf iniciou a preparação, segundo as instruções de operação das instalações, logo após a confirmação do evento do dia 15 de agosto de 2023 (ONS, 2023, p. 374). A Figura 30 mostra um exemplo sobre a repercussão na mídia dos apagões que ocorrem no Brasil.

Figura 30 – Charge sobre apagão no Brasil em 2021



Fonte: Sinposba (2021)

Desse modo, retomamos a questão que surgiu no curso: “*Quem possui energia solar está protegido ou livre de apagões ou falta de energia?*”. Foi realizada uma breve pesquisa na rede (internet) para buscar tais informações e apresentá-las aos presentes. Estes são *actantes* que formam a rede sociotécnica, pois seus agenciamentos caracterizam o *on-line* das redes investigadas (Salgado, 2018). Os usuários de energia solar fotovoltaica do sistema *on-grid* não estão protegidos de quedas de energia elétrica ou de qualquer que seja o interrompimento, pois esse sistema utiliza a rede da concessionária como bateria, como ilustra a Figura 31.

Figura 31 – Sistema fotovoltaico *on-grid* (na rede)

Fonte: Neosolar (2023).

Como já explicado, o sistema *on-grid* possui conexão com a rede pública. Funciona da seguinte forma: o painel fotovoltaico converte a luz solar em energia elétrica (corrente contínua); o inversor converte essa energia de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA); a energia vai para o consumo do local e, se houver excedente, vai para rede de energia. Ao passo que ele é afetado pela falta de abastecimento de energia elétrica, imediatamente as residências, os comércios e demais unidades proprietárias de sistemas fotovoltaicos com essa configuração ficam sem energia. E, quanto aos usuários do sistema *off grid*, o que acontece com

eles quando ocorre o mesmo fenômeno, ou seja, um apagão ou desabastecimento de energia elétrica? A Figura 32 mostra a estrutura de tal sistema.

Figura 32 – Sistema fotovoltaico *off grid* (fora da rede)



Fonte: Neosolar (2023).

Da mesma forma, como discutido anteriormente, o sistema *off-grid* não possui conexão com a rede elétrica; a diferença para o *on-grid* está na forma de armazenamento do excedente de energia. Ele armazena o excesso de energia gerada pelos painéis em baterias, as quais fazem parte do sistema fotovoltaico, ou seja, permanecem com energia, mesmo que aconteçam as falhas no sistema elétrico responsável pela distribuição. Dessa forma, os usuários desse sistema não passam pelo problema da falta de energia. Assim, satisfazendo a questão levantada na *formação* em Modelagem, caso o usuário queira ficar independente da rede elétrica, o sistema *off-grid* é a melhor solução. Isso não significa que a aquisição e instalação sejam realizadas de qualquer maneira. Para despachar tal sistema, a Aneel exige a atuação de um controlador local ou remoto licenciado pela empresa para monitorar o sistema.

No caso do apagão, foram observados pelos participantes do curso agenciamentos dos *actantes* (humanos e não humanos) que interagem e geram novas situações, modeladas pelas afetações provocados por tais agenciamentos. Isso envolve: perda de produtos que necessitam de armazenamento a frio, pacientes de hospitais e clínicas que não possuem geradores e dependem de máquinas e aparelhos para manterem-se vivos, entre outros (no caso do sistema *on-grid*).

Outra questão observada por alguns participantes foi a inclinação dos painéis. A boa geração de energia também depende desse fator, tendo em vista a melhor posição para exposição aos raios solares. A TAR nos ajuda a compreender as conexões estabelecidas (Amillis; Bussolar; Antonello, 2016). Conforme Lemos (2013, p. 48), “tradução, mediação, comunicação é toda ação que um *actante* faz a outro, implicando aí estratégias e interesses próprios na busca da estabilização futura da rede ou da resolução da estratégia ou do objetivo”.

Desse modo, no exemplo dado, o fluxo da rede é quebrado pela ação dos *actantes* que se afetam (operador do sistema elétrico, operadora distribuidora de energia elétrica, turbinas, fios e cabos elétricos, interruptores, disjuntores, computadores e outras máquinas, seres humanos etc.). Nesse momento, por meio dos prejuízos gerados pelos *actantes* citados, por exemplo, surgem a repercussão na mídia, a preocupação, a tristeza e a incerteza na mente dos envolvidos. Além disso, o corpo também responde aos estímulos.

No caso do sistema *off-grid*, existe certo conforto, considerando que ele opera normalmente e os usuários continuam com suas atividades normais, no tocante à utilização da energia. Essas ações e movimentos também são *actantes* que provocam diversas reações, surgindo, então, as reclamações, baseadas em possíveis direitos garantidos por lei. As empresas envolvidas na produção e distribuição de energia podem ser responsabilizadas pelos diversos prejuízos provocados aos usuários do sistema.

O próprio Operador Nacional também se torna alvo de ações nesse sentido, mesmo após a retomada do fluxo da rede. Veja que todos os *actantes* que envolvem o processo se relacionam e promovem agenciamentos, gerando a rede de associações por meio de várias conexões. O fluxo dessa rede, no caso do sistema *off-grid*, é mantido e, no caso do sistema *on-grid*, é interrompido. Se, por acaso, for quebrado em algum momento, dando como exemplo a questão de problemas técnicos, tecnológicos, a falha humana, entre outros, o equilíbrio poderá ser restabelecido e o fluxo da rede retomado e mantido até ocorrerem novos agenciamentos.

7.3.1 Discussões sobre os resultados do curso

As discussões nas *formações* de Grupos de Trabalho foram relevantes. Reforçamos que “não há grupo, mas sim a *formação* de grupos” (Latour, 2012, p. 49). O processo, para o sociólogo, consiste na construção e desconstrução, ocorrendo agrupamentos, desagrupamentos e reagrupamentos, num movimento constante. Foram observadas controvérsias conceituais, no tocante à Matemática, pois, inicialmente, a F1, por exemplo, imaginava que a função inerente à representação da perda de eficiência de um painel solar seria uma função linear; em seguida, admitiu o exponencial decrescente. Todavia, ao final dos estudos, observou características de uma função linear de diferentes intervalos no domínio da função. Além disso, essa análise foi importante para perceberem a geração de energia apresentada no estudo ao determinar a eficiência com o passar dos 25 anos que se aproximava de valores próximos a 80,2%.

Em relação ao aplicativo de simulação utilizado no estudo, vale destacar que, para a F1 chegar ao valor de R\$0,94 por kwh, foi necessário simular valores que resultam em uma conta

com o consumo de 132 kwh e o valor pago de R\$197,00, pois o aplicativo determinou pela região um valor de R\$0,62, o que divergia do valor constante na fatura de energia elétrica do integrante da *formação* de Grupos em questão. No que tange à distribuição compartilhada da energia solar, o curso contribuiu para que os participantes tivessem conhecimento de que é possível compartilhar a energia solar. Inclusive, existem cooperativas sendo beneficiadas nessa ação aqui no Brasil.

A F2 também calculou a eficiência de um painel solar em função do tempo em anos, por meio de uma função, ou seja, considerando o intervalo entre 5 e 25 anos, como proposto na tarefa. O diferencial, além do uso do aplicativo de simulação, utilizando o *software GeoGebra*, por meio de sua calculadora gráfica, levantou a possibilidade de inserir a tecnologia no contexto da prática de sala de aula na Educação Matemática. Segundo Bretas (2020, p. 19), a ferramenta proporciona “momentos de exploração, investigação de regularidades, interatividade aluno e computador, a interação com os demais alunos e com o professor, proporcionando a troca de experiências e uma aprendizagem cooperativa”.

A F2 considerou também valores de faturas de energia elétrica e situações hipotéticas para calcular o valor total do projeto, o tempo de retorno do investimento, bem como a área necessária, a quantidade de painéis, a produção mensal em kWh, a potência de geração de energia solar etc. Nas conclusões, por meio de modelos, puderam justificar as vantagens e desvantagens da instalação do sistema fotovoltaico para as famílias, ou seja, a depender da renda e de quanto essas famílias pagam de fatura de energia elétrica, no caso da *on-grid*.

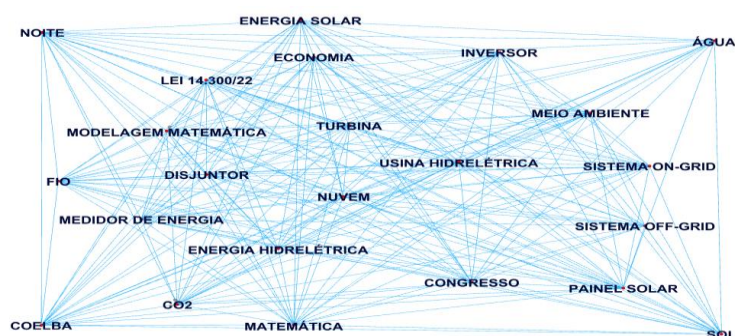
Nesses modelos, surgiram diversos conteúdos matemáticos trabalhados na Educação Básica, sendo aventada a possibilidade, por exemplo, de levar, por meio dessa situação-problema, a Modelagem para a sala de aula. Desse modo, faremos dela um espaço de aquisição de novos conhecimentos a partir de práticas enriquecedoras tanto para estudantes quanto para professores. Portanto, as *formações* de Grupos chegaram a conclusões bem próximas, mesmo tomando caminhos distintos. As discussões sobre fazendas solares e/ou comunidades que poderiam criar associações ou cooperativas para implantar a energia solar também foram debatidas no curso de extensão.

Conforme a *CNN Brasil* (Resende, 2021), a primeira cooperativa solar em favelas do país, que beneficia 34 famílias, está localizada nas comunidades da Babilônia e Chapéu Mangueira, no Leme, zona sul do Rio de Janeiro. Os painéis solares, com potência de 26 kWp/ano (Quilowatt-pico), foram instalados no telhado da Associação de Moradores da Babilônia. O diretor-executivo da ONG Revolusolar, Eduardo Ávila, explica que o potencial técnico de geração de energia solar na favela da Babilônia (2,6 GWh/ano) é suficiente para

atender a demanda energética de toda a comunidade (2,4 GWh/ano). Por ano, a economia para a cooperativa será de até R\$30 mil reais. Para cada família, a economia será de R\$80 reais por mês.

No Curso de Extensão, pôde-se aprofundar o olhar sobre as vantagens e desvantagens da implantação da energia solar a partir do olhar matemático à luz da TAR sob as concepções da Modelagem para a análise de aspectos do cotidiano por meio da construção de modelos. Porém, durante a *formação*, percebemos a necessidade de ampliação dos estudos sobre os temas desenvolvidos. Notamos que F1 e F2, na construção dos mapas mentais com os temas propostos no curso, apesar dos bons arranjos, não visualizaram a “rede”, como propõem a TAR e seus estudiosos. Mas, então, como se comportaria a Modelagem tomada como rede sociotécnica, na perspectiva de Santana (2023), com base nos estudos da TAR, tematizando a Energia Solar ao iniciar e ao concluir o Curso de Extensão agenciado? A Figura 33 contém o Grafo da Modelagem como rede sociotécnica, por meio do GEPHI com essas configurações, ou seja, no início e no final da *formação*.

Figura 33 – Grafo da Modelagem como rede sociotécnica: energia solar e associações no início do Curso de Extensão



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Conforme a Figura 33, os *actantes* que formam a rede sociotécnica na configuração da Modelagem envolvem conexões entre sujeitos e objetos (humanos e não humanos) considerados básicos no contexto da energia solar fotovoltaica, ligados à tecnologia, ao meio ambiente, a leis, a fatores climáticos, à própria Matemática, entre outros. Segundo Ferreira e Wodewotzki (2007, p. 65), a Matemática associada a questões ambientais pode ser um caminho promissor para despertar um maior interesse dos alunos pelo aprendizado, tornando-os “mais conscientes, críticos e reflexivos no tocante à problemática ambiental”.

Salientamos que os participantes do Curso de Extensão em Modelagem, tematizando a energia solar, poderiam visualizar a configuração da rede sociotécnica, mesmo que de forma involuntária, tanto na construção dos mapas mentais quanto no desemaranhar das demais ações. O conjunto de elementos heterogêneos (humanos e não humanos) alinhados em torno do quadro de interesse, no caso o evento *formAção-continuada* representou essa rede sociotécnica. Agora, observemos a Figura 34.

Figura 34 – Grafo da Modelagem como rede sociotécnica: energia solar fotovoltaica e associações no final do Curso de Extensão



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

No grafo apresentado na Figura 34, elaborado por meio do GEPHI, novos *actantes* que formam a rede sociotécnica na configuração da Modelagem surgem após a conclusão do Curso de Extensão. Notamos uma mudança na *formAção* inicial da rede (houve uma performance). Caso optássemos por associar os *actantes* da primeira rede aos da segunda, teríamos uma rede ampliada, de modo que surgiriam novas conexões, considerando as diversas afetações de humanos e não humanos desse coletivo híbrido.

Podemos vincular essa situação ao que Latour (2012, p. 129) nomeia como a quarta fonte de incerteza: “Questão de fato vs. Questão de interesse”. Tendo em vista as três primeiras fontes de incerteza, o sociólogo propõe que o pesquisador tenha mais trabalho e pense numa ampliação de atores e agências, bem como uma nova prática para encontrar controvérsias (Latour, 2012). Essa é mais uma prova de que a rede pode estabilizar-se, mas, a qualquer momento, poderão surgir novas conexões, novos *actantes*, outras afetações, novas controvérsias e uma nova rede, por consequência.

Portanto, a experiência da *formAção* em Modelagem foi importante para a compreensão sobre a energia solar e para as questões relacionadas à economia a longo prazo, por exemplo, bem como o entendimento de forma mais detalhada sobre essa temática. O aprofundamento sobre os conteúdos matemáticos da Lei de Formação de Funções, Gráficos de Funções, Funções

Simultâneas, Porcentagem, Razão e sua aplicabilidade no cotidiano foi assegurado. Além disso, sem demonstrar atribuição de protagonismo, um participante do curso, usuário do sistema fotovoltaico, relatou sua experiência, elencando também um ponto interessante em relação à sustentabilidade. Segundo ele, “*o sistema é uma opção interessante de geração de energia, haja vista que auxilia na redução das emissões de carbono, beneficiando na qualidade do ar, ajudando na conservação de recursos naturais*” (Participante B).

Analisando a constituição dos mapas mentais no curso, não constatamos um desenho com as características de rede, conforme os estudos da TAR, pois os *actantes* que a formam não estão em total conexão nas representações dos participantes. Ao mesmo tempo, verificamos um protagonismo dado à energia solar, atuando no centro da discussão. Vale observar que Latour (2012) recomenda que não se deve dar protagonismos aos *actantes*, mas sim apenas seguir seus rastros e, dessa forma, mapear o fluxo das controvérsias que, porventura, surjam em meio a concordâncias e discordâncias. Com isso, Latour (2012, p. 99) enfatiza que o número de atores em jogo deve ser aumentado e que para a TAR designa movimento, deslocamento, transformação, translação e registro.

Diante das discussões e análises realizadas, conseguimos entender todo o processo para a instalação do sistema fotovoltaico, principalmente com relação ao valor final, o que, por vezes, é divulgado apenas o valor dos painéis. Compreendemos que esse processo de geração é mais vantajoso para quem tem um alto consumo ou tem a possibilidade de distribuir a energia para outras residências ou estabelecimentos. Ainda assim, por outro lado, com a perda de eficiência do painel e as taxas (impostos e taxaço do sol), ficaram algumas incertezas se a longo prazo seria realmente vantajoso, considerando também outras variáveis, quanto a mudanças no consumo, mudança de residência etc. Sobre o assunto, a seguir, exploraremos um pouco mais essa questão, trazendo o depoimento de um usuário do sistema fotovoltaico, bem como outras considerações técnicas.

7.3.2 Sobre a viabilidade da instalação do sistema fotovoltaico: ouvindo a voz de outros *actantes*

No curso de extensão sobre Modelagem que mobilizou professores que ensinam Matemática, surgiram diversos questionamentos. Um deles chamou a atenção de todos os participantes, no tocante à viabilidade da instalação da energia solar. Vale a pena instalar esse sistema? O usuário do sistema *on-grid* Freitas participou dessa discussão, apresentada na

formação, afirmando que sim, é viável instalá-lo. Ele autorizou a divulgação de um vídeo aos participantes do curso, como pode ser visualizado na Figura 35:

Figura 35 – Imagem do depoimento em vídeo do usuário Freitas (2024)



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

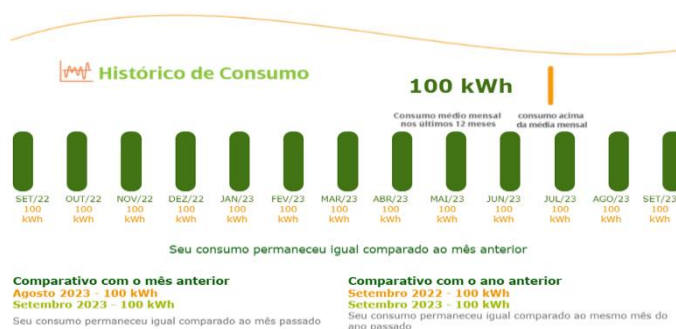
Para Latour (2012, p. 84). “as ações aparecem sempre num relato como responsáveis por um feito, ou seja, como algo que afeta um estado de coisas, transformando As em Bs pela prova dos Cs”. No entanto, sabemos que a matéria veiculada pela TV, citada anteriormente, trata-se de um “relato de risco”, ou seja, evidencia a quinta incerteza na TAR (Latour, 2012), pois é apenas um único exemplo apresentado, considerando a realidade financeira das famílias brasileiras.

Portanto, o relato do citado usuário, sendo um dos mediadores da rede, bem como a ação de gravar um vídeo com a afirmação da viabilidade da instalação do sistema fotovoltaico em seus imóveis, em relação à satisfação, evidenciam essa ideia:

Minha experiência com a energia solar foi positiva. Antes eu pagava mais de mil reais na minha conta de energia elétrica e hoje, apenas a taxa de distribuição da trifásica mais os impostos básicos. Foram instalados um total de 28 painéis solares em meus imóveis, mas não compensa instalar para quem tem uma despesa abaixo de 200 reais na fatura de energia elétrica, por exemplo (Freitas, 2024).

Pudemos ouvir a voz de mais um *actante* envolvido ou entrelaçado na rede. Conforme Salgado (2018, p. 34), “a comunicação é a ação comum que enreda e entrelaça as ações nessas redes. Situações configuradas por isolamento, inércia ou que não impliquem em diferenças e transformações de mediadores e de sentidos não são comunicação”. A utilização do histórico de consumo de energia elétrica dos últimos 12 meses a contar de setembro de 2022 até setembro de 2023, bem como a fatura de energia elétrica do mesmo mês também foram cedidas por Freitas. As Figuras 36 e 37 materializam o histórico do consumo de energia elétrica do usuário, considerando o marco temporal de 2022 a 2023.

Figura 36 – Histórico do consumo de energia elétrica do usuário Freitas: últimos 12 meses (2022 a 2023)



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

No gráfico da Figura 36, há um equilíbrio matemático nos 12 meses de consumo de energia nas faturas do usuário, mantendo-se constantemente em 100 kWh, ou seja, em momento algum, houve oscilação para mais ou para menos. Esse fato reforça as palavras do usuário sobre a viabilidade e prestatividade do sistema fotovoltaico instalado em sua residência, além de mais três casas e um comércio de sua propriedade, com a instalação de 28 painéis solares. Acompanhem a fatura de energia elétrica do usuário por meio da Figura 37:

Figura 37 – Fatura de energia elétrica do usuário Freitas (setembro de 2023)



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

O valor da fatura de energia elétrica do sistema *on-grid* pertencente ao usuário Freitas, referente ao mês de setembro de 2023, é considerado matematicamente irrisório. Esse fato comprovou-se, pois, a fatura atingiu pouco mais de 10% do valor que ele pagava antes de instalar energia solar fotovoltaica em seus estabelecimentos. Porém, em termos técnicos, considerando a “taxação do Sol”, as despesas de mão de obra, a aquisição dos insumos, entre outras, voltemos à questão levantada nesta pesquisa, incluindo a *formação-continuada*

contendo a tarefa de Modelagem proposta no curso: podemos afirmar que vale a pena instalar a energia solar?

Tais controvérsias, além de outras apresentadas neste estudo, apesar do depoimento e dos documentos fornecidos por um usuário, ainda colocam em xeque a viabilidade desse investimento. É possível abrir a caixa-preta e estabilizar as controvérsias mapeadas? É o que será mostrado a seguir para tentar compreender o cenário.

7.4 Abrindo a *caixa-preta*

O engenheiro elétrico Rios (2020), em sua dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá, dá-nos um entendimento no tocante ao assunto. Segundo Rios (2020, p. 73), em relação à composição da tarifa da energia elétrica, devem ser considerados a energia gerada, o transporte até as unidades consumidoras e os encargos setoriais. Além disso, os governos cobram na conta de luz o Programa de Integração Social (PIS), a Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS), o Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) e a Contribuição para Iluminação Pública.

Para os usuários do sistema *on-grid*, conforme a Aneel, ainda incidem os custos operacionais da operadora que distribui a energia elétrica, tais quais: leitura e entrega de faturas, vistoria das unidades consumidoras, operações de subestações, combates a perdas, podas de árvores, operação de subestações, contabilidade e administração. Rios (2020, p. 134) indica que, para realizar a análise financeira, é preciso ter conhecimento de todos os custos e receitas inerentes ao investimento ao longo dos anos, além do valor do investimento inicial e da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) requerida.

Em relação à compensação e viabilidade de instalação de sistemas fotovoltaicos, segundo Rios (2020, p. 84), as modificações na regulamentação dar-se-ão de formas distintas, dependendo do tipo de instalação. Caso sejam projetos de compensação local (*rooftops*) ou projetos de compensação remota (fazendas solares), por exemplo, devem ser considerados os impactos causados por cada tipo de empreendimento. Outro ponto importante em relação à análise da viabilidade levantado por Rios (2020, p. 84) é a localização, uma vez que a diferença no clima de cada região é um fator de grande impacto.

Além disso, sobre a instalação do sistema fotovoltaico, foram verificados no curso de extensão três fatores a serem considerados: a qualidade dos produtos adquiridos (terão maior durabilidade e melhor desempenho no funcionamento); o pagamento à vista no ato da aquisição (proporciona economia imediata, pois o parcelamento atrasa o *payback*, ou seja, retorno do

investimento); a manutenção adequada dos aparelhos ou componentes do sistema fotovoltaico (painéis, inversores, disjuntores, fios e cabos elétricos, dentre outros). Lembramos que o mau uso dos equipamentos proporciona a perda da garantia, entre outros prejuízos.

É importante que o usuário realize um acompanhamento diário da geração de energia do sistema por meio de aplicativo indicado pela própria empresa que forneceu o sistema de energia solar. Caso a geração não seja compatível com o que foi acordado em contrato, o usuário poderá reclamar e exigir a presença de um técnico da empresa para solucionar a deficiência. Conforme Rios (2020, p. 94), devemos considerar fatores naturais impeditivos de uma boa geração, devido à pouca incidência do sol nos painéis, a exemplo das sombras não permanentes, folhas e pássaros, ou as sombras sazonais. Tais sombras, causadas por corpos próximos ao arranjo fotovoltaico, projetadas sobre as células fotovoltaicas, prejudicam o bom desempenho do sistema fotovoltaico.

As afetações dos *actantes* citados, além das chuvas, períodos noturnos, sombreamento de nuvens, entre outras, poderão prejudicar o bom funcionamento do sistema fotovoltaico. Dessa forma, faz-se necessário que a disposição dos painéis contemple o máximo possível de exposição ao Sol para um melhor desempenho, ou seja, uma geração mais consistente. Rios (2020, p. 113) aborda a posição ideal dos painéis, ou seja, “instalações do tipo *rooftop* (telhado) geralmente possuem alguma inclinação, pelo fato de seguir a topologia do telhado da residência”. Por meio de uma equação matemática, o autor demonstra como ocorre essa inclinação. Vejam o esquema apresentado por Rios (2020, p. 90). A Equação (1) indica a melhor inclinação possível:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \beta = 3,7 + (0,69 \cdot \varphi) & \text{se } \beta \geq 10^\circ \\ 10^\circ & \text{se } \beta < 10^\circ \end{array} \right. \quad (1)$$

Onde:

β – Inclinação em graus, em relação ao plano horizontal;

φ – Latitude da localidade em graus;

3,7 e 0,69 – Constantes de cálculo.

Segundo o autor, o limite mínimo de 10° visa a evitar o acúmulo de água e sujeira nos módulos fotovoltaicos. Portanto, baseados nos estudos apresentados até o momento, apesar dos altos custos da aquisição, da instalação e da manutenção, a lei de taxação, a mão de obra, as questões ambientais, o descarte dos insumos, a posição e o sombreamento de painéis, entre

outros fatores, concluímos que ainda é viável a instalação da energia solar. Mas existem discordâncias sobre o assunto, e devemos respeitá-las. Por exemplo, para usuários do sistema conectado à rede elétrica que possuem baixo consumo de energia, ela não é viável.

Vale atentarmos às condições levantadas neste estudo, principalmente as de aspecto financeiro, ou seja, adquirir o sistema quitando de uma única vez, ou até com parcelas, mas num prazo pequeno é mais vantajoso. Conforme os estudos de Rios (2020), não resta dúvidas de que o usuário do sistema fotovoltaico seguindo suas orientações obterá melhor êxito em relação ao retorno do seu investimento (*payback*). A economia proporcionada na fatura de energia elétrica no caso do sistema *on-grid* é visível.

Como pôde ser observado no estudo, principalmente no tocante ao que foi discutido no curso em relação à Lei de taxação do sol, ao atingir o percentual de 90% sobre o valor da fatura de energia elétrica, em meio a burburinhos, concordâncias e discordâncias, caracterizando como uma controvérsia, chegou-se a uma conclusão em relação à instalação do sistema fotovoltaico. Alguns participantes admitiram que ela poderia não ser viável, pois caso não houvesse uma alteração na Lei, os usuários poderiam pagar um valor alto na fatura e voltar à estaca zero.

Dessa forma, não seria mais compensatório economicamente, principalmente para famílias de baixa renda e consumo de energia elétrica pequeno, ou seja, abaixo de uma média de R\$200,00, por exemplo ou aquelas beneficiadas pela tarifa social do Governo. O próximo capítulo realiza as discussões sobre esta pesquisa, de modo que abrange os temas: *formação-continuada*, TAR, Modelagem e Energia Solar, abordados no relatório.

8 DISCUSSÕES SOBRE OS DADOS DA PESQUISA

Para entrelaçar as discussões propostas nesta pesquisa, tentamos construir um conceito mais amplo para a Modelagem, numa nova perspectiva na ótica de Latour (2012), baseados em Santana (2023) e outros estudos da TAR. Mapeando os agenciamentos e as controvérsias dos *actantes* engendrados, também procuramos determinar os desdobramentos decorrentes dessa configuração, a teoria estudada, além das experiências práticas relatadas pelos autores citados, não descartando as nossas.

Latour (2012, p. 42) recomenda a possibilidade de examinar as cinco incertezas em relação às principais instituições das Ciências Sociais, sendo que todas devem ser empilhadas umas sobre as outras; cada uma torna à anterior até que algum sentido seja alcançado. Referimo-nos às naturezas dos grupos, das ações, dos objetos, dos fatos e dos estudos realizados sob o rótulo de ciência do social. Neste relatório, foi abordada a primeira fonte de incerteza ao tecer uma análise crítica sobre o trabalho de Oliveira (2022), no tocante à implementação de uma tarefa de Modelagem, associada à TAR. A controvérsia rastreada nesse estudo foi revelada pelo protagonismo dado a dois *actantes* humanos, denominados *Alfa e Beta*. Os demais *actantes* tiveram peso menor na pesquisa desse autor, o que fere a TAR, por meio do *Princípio de Simetria Generalizada*.

Nesta pesquisa, também mapeamos os estudos de Medeiros e Ventura (2008, p. 12), que, ao se referirem à rede sociotécnica, afirmam que ela “não é construída, mas se autoconstrói”. Há uma controvérsia nessa afirmação! Salgado (2018, p. 148) afirma: “Por se vincularem a um modo que pode ser descrito como híbrido e como rede sociotécnica, atores e redes se substituem, em uma relação de correspondência, no sentido de que o ator pode ser tomado como rede e vice-versa”. Concordamos com o autor, pois a rede sociotécnica é performada, mas a *performance* é coletiva, híbrida. Já vimos que o ator é a rede e a rede é o ator.

Outra controvérsia mapeada diz respeito ao fator conceitual sobre a teorização da TAR, ou seja, ao movimento entre concordâncias e discordâncias dos autores pesquisados, alguns a exemplo de Annemarie Mol a consideram como uma teoria. Outros, como o próprio Bruno Latour, não a consideram como tal. Autores, a exemplo de John Law, caracterizam-na como uma ferramenta ou aporte teórico-metodológico, ou até mesmo como uma caixa de ferramentas para contar histórias. Então, por que recebe o nome de TAR? Essa indagação fica para o deleite do caro leitor. Em nosso entendimento, com base em Latour (2011), essa polêmica é classificada como “*caixa-cinza*”, pois o artefato não conseguiu se estabilizar, ou seja, a questão ainda não

foi resolvida. Assim, o *magma* social não se solidificou, ou seja, trata-se de um fenômeno em construção, quente e instável.

No tocante à Modelagem, foi realizado um estudo inicial na literatura pesquisando autores considerados clássicos. Consideramos três autores, conforme as pesquisas de Bueno (2011), mapeando publicações de Biembengut (1990, 1997, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010), Barbosa (1999, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009), Burak (1987, 1992, 1998, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010) e Bean (1998, 2001, 2003, 2004, 2005, 2007, 2009). Ademais, incluímos os trabalhos de Caldeira (2009) e Bassanezi (2011) nesse contexto. Além disso, efetuamos um levantamento de estudos considerando o marco temporal de 2019 a 2023 nos periódicos Bolema e PEM. Seleccionamos 15 produções, sendo eleitas duas categorias, a saber: conceptualizações teóricas sobre Modelagem e implicações da *formação-continuada* de professores em trabalhos que envolvem Modelagem.

Os trabalhos pesquisados foram: Dalla Vecchia e Maltempi (2019); Ferreira e Silva (2019); Forner e Malheiros (2019); Araújo e Lima (2020); Bastos e Rosa (2020); Oliveira, Burak e Martins (2020); Villarreal e Mina (2020); Bastos e Rosa (2021); Ramos e Almeida (2021); Araújo e Avelar (2022); Montes (2023); Pessoa e Silva (2023); Tortola, Silva e Dalto (2023); Borssoi, Silva e Ferruzzi (2021); e Solar *et al.* (2023).

A primeira categoria revelou seis vertentes: *processo que envolve a obtenção de um modelo* (Biembengut, 1999); *ambiente de aprendizagem* (Barbosa, 2001); *estratégia de ensino-aprendizagem* (Bassanezi, 2011); *sistema de aprendizagem* (Caldeira, 2009); *metodologia de ensino* (Burak, 2010); e *alternativa pedagógica* (Almeida; Silva; Vertuan, 2012). Dessas vertentes, três foram confirmadas nos trabalhos pesquisados: a *Modelagem como alternativa pedagógica* foi observada em cinco; o *processo que envolve a obtenção de um modelo*, em sete; e o *ambiente de aprendizagem*, em três.

As pesquisas versam sobre a possibilidade de vinculações com outras áreas do conhecimento por meio da interdisciplinaridade que a Modelagem oferece. Além disso, visam à construção do conhecimento de modo dinâmico e colaborativo, garantindo a possibilidade de ações voltadas à perspectiva sociocrítica na prática de Modelagem. O modo colaborativo também é observado em boa parte dos textos, bem como a realidade, além da sala de aula como contexto formativo, entre outros espaços. As associações com a tecnologia, por meio de *softwares*, podem ser notadas em algumas obras. Notamos claramente a preocupação com as questões ambientais, envolvendo prejuízos que afetam humanos e não humanos, a exemplo da pesquisa de Araújo e Avelar (2022), considerando a tragédia de Brumadinho, região de Belo Horizonte em Minas Gerais, em 2019. Outro aspecto importante observado diz respeito à

utilização de tarefas de Modelagem contextualizadas. Valoriza-se o conhecimento da realidade, de modo geral, da comunidade escolar.

Villarreal e Mina (2020), por exemplo, promovem, por meio da Modelagem, a introdução e o uso livre de tecnologias para criar jogos eletrônicos e para o desenvolvimento de atividades, pressupondo uma visão epistemológica envolvida na construção humanos-com-mídia. A pesquisa de Borssoi, Silva e Ferruzzi (2021) apresenta aspectos voltados ao trabalho colaborativo, valorizando o cotidiano e a formAção de grupos, ou seja, um trabalho em rede. Os autores dos dois últimos trabalhos, mesmo não fazendo parte do *hall* (comunidade) de estudiosos da TAR, contemplam em seu contexto ações peculiares a ela. Em nosso entendimento, embasados na TAR, tal conjuntura configura-se como uma relação *sujeito-objeto* no fenômeno de hibridização.

A segunda categoria, que resultou em seis trabalhos, identifica três vertentes: *Modelagem como alternativa pedagógica, processo que envolve a obtenção de um modelo e ambiente de aprendizagem*. São eles: Ferreira e Silva (2019); Forner e Malheiros (2019); Villarreal e Mina (2020); Borssoi, Silva e Ferruzzi (2021); Solar *et al.* (2023); e Tortola, Silva e Dalto (2023). Os estudos tratam sobre a articulação entre os espaços de *formAção* e a sala de aula, valorizam uma recontextualização e contribuem com informações sobre as implicações que ocorrem na prática dos professores que participam de *formAção-continuada* com ênfase em Modelagem.

Os resultados dos estudos mapeados nesta pesquisa demonstram que as concepções, os entendimentos e as ações, incluindo a associação com a *formAção-continuada* no que concerne à Modelagem, segundo os autores pesquisados, denotam um sentido singular em relação ao foco apenas no sujeito (humano). Dessa forma, o foco é direcionado apenas ao sujeito (humano), desprezando a agência também dos não humanos, ou seja, eles fazem e nos fazem fazer coisas. Com base no estudo, concluímos que há convergências e divergências (controvérsias) sobre concepções de Modelagem na comunidade brasileira em relação à Matemática Aplicada, à Educação Matemática e à obtenção do modelo matemático, bem como ao trabalho em grupo em ações na sala de aula.

No Ensino Superior, os estudos de Biembengut (2009) apontam para a necessidade de o professor que leciona Matemática para futuros professores rever métodos e estratégias de ensino-aprendizagem. Ele sente grande dificuldade de abordar o assunto matemático, visando à realidade do estudante na sala de aula, valorizando seu cotidiano e demais aspectos sociais. Portanto, apoiamo-nos as ideias de Hooks (2017) em relação à necessidade de criação de espaços de *formAção* apropriados para que os professores expressassem seus temores,

elaborassem estratégias para abordar a sala de aula e o currículo num contexto multicultural. Tais ações poderão combater, inclusive, o exposto sobre o assunto matemático a ser abordado pelo formador de futuros professores nas licenciaturas.

Os “hiatos” na *formação* superior, incluindo as licenciaturas, demonstram a necessidade de reestruturação, envolvendo a elaboração de alternativas metodológicas inovadoras e mais eficientes para o ensino de Matemática. Por outro lado, mesmo não desenvolvendo uma pesquisa voltada à perspectiva da *formação* da rede, baseada na TAR, tomamos como exemplos os trabalhos de Silva (2009) e Borba e Canedo Junior (2020), que nos dão vislumbres de que foi instituída uma série de conexões. Tais conexões no contexto de *formações* envolvem *actantes*, como: tarefa de Modelagem, professores, estudantes, conceitos e ideias matemáticas, universidade, escola, materiais manipuláveis, mídias, internet, formadores, entre outros que promovem agência, fazendo fazer. Notamos facilmente a agência dos objetos modificando o meio em que se inserem.

Em relação à *formação* em ambientes híbridos, apesar de o Ensino Superior agenciar a modalidade remota ao longo dos anos, bem como o ensino semipresencial, no ano de 2020, com a explosão da Covid-19 no Brasil e no mundo, tivemos que alterar diversas ações corriqueiras. O vírus da SARS foi abordado por Latour (2012) em *Reagregando o Social* e, desde aquela época, mesmo antes de a pandemia se intensificar e o isolamento social ser deflagrado em muitas partes do mundo, associar-se a parentes e amigos já era considerado um ato de extremo perigo.

O que o vírus nos fez fazer? Provocações como essa remetem à implementação do Ensino Remoto Emergencial na rede de ensino como alternativa pedagógica para que as instituições continuassem agenciando a educação dos estudantes, mesmo que de forma especial. Tais investidas foram mediadas pelas tecnologias em rede. A TAR fez e faz parte desse processo de hibridização da educação, concebendo a rede sociotécnica, ou seja, o conjunto de *actantes* que se associam ou se correspondem. Conforme Salgado (2018, p. 152), a ação comunicacional *on-line* é sempre híbrida. Dessa forma, o *on-line* produz redes sociotécnicas, pois entrelaça usuários, materialidades e textualidades.

Nesta pesquisa, notamos que autores como Klüber (2008) e Oliveira (2016) convergem no sentido de o primeiro afirmar que a área de Educação Matemática é vista como híbrida e o outro que a *formação* pode dar-se em diferentes lugares, por diferentes modos e em diferentes espaços. Todos eles educam, desde sua origem, incluindo os indivíduos e as tecnologias bem como os objetos infocomunicacionais. O objeto área de Educação Matemática, assim como os

lugares, os espaços e os modos de fazer educação possuem suas particularidades a serem levadas em consideração. Tornamo-nos híbridos!

É importante reforçar que, em todo o estudo que envolveu esta pesquisa, não foi encontrada nenhuma obra que vinculasse Modelagem à TAR tomando como foco a relação *sujeito-objeto* e considerando ambientes híbridos e simétricos, no coletivo social. O dualismo cartesiano prevaleceu nos trabalhos mapeados; e as afetações entre *actantes* (humanos e não humanos) que performam a rede fazendo e fazendo fazer não foram observadas com bases claras na TAR. Dessa forma, conforme Latour (2012), o social não é estável, não é pronto. Faz-se necessário torná-lo visível, seguindo as pistas deixadas pelos *actantes*, mapeando a rede.

Sobre o tema *energia solar fotovoltaica*, associado à Modelagem e à TAR, observamos no rastreamento de controvérsias, na Lei n.º 14.300/2022, em relação à taxaço do Sol, ou seja, o pagamento de taxas referentes à utilização do sistema *on-grid*. Conforme verificamos, a energia solar ainda é pouco utilizada no Brasil, ou seja, pouco mais de 2% da população possui um sistema fotovoltaico em suas residências.

A nível internacional, existe a Lei de taxaço do Sol? Não necessariamente. A energia solar, no direito dos Estados Unidos, por exemplo, conforme Wedy (2021), não é suscetível de apropriação como direito real ou como propriedade, não havendo uma abrangência de direitos que a regule. Dessa forma, basta ter acesso à luz solar e alguma proteção legal mínima. O acesso é garantido por leis municipais ou estaduais, como as de zoneamento, de servidões, de incômodos (*nuisance*) ou de apropriação prévia.

Este relatório proporcionou a oportunidade de trazer algo novo para a comunidade, ou seja, uma concepção sobre Modelagem baseada na relação *sujeito-objeto* em ambientes híbridos e simétricos. A proposta fundamentou-se nos estudos da TAR, embasados em Latour (2012) e Santana (2023), compreendendo a modelagem como rede sociotécnica. A rede sociotécnica contempla todas as redes. A TAR nos ajuda a compreender as conexões. Nessa perspectiva, no trato de ações envolvendo a Modelagem, por exemplo, não definimos etapas, ou seja, cada cenário se constitui como uma rede performando-se constantemente, podendo seu fluxo ser interrompido, retomado novamente, estabilizado ou não.

A Modelagem tomada como rede sociotécnica vislumbra o surgimento de novos *actantes*, bem como afetações entre eles. Os vínculos que a ação performa partem do movimento coletivo de associações que ela produz de maneira contínua, contemplando diferentes domínios. Podemos, por exemplo, aplicar uma tarefa de Modelagem envolvendo Sociologia, Semiótica, Economia, Filosofia, Epistemologia, Filosofia e Antropologia num contexto interdisciplinar e criativo.

O capítulo seguinte finaliza este relatório de pesquisa em suas considerações, mas não abre a caixa-preta, e encerra as controvérsias mapeadas em relação ao que foi estudado em termos teórico-práticos. Consideramos que a ampliação dos estudos nos campos temáticos abordados nesta pesquisa deve ser realizada. Todavia, é preciso observar de modo especial a Energia Solar, tendo em vista a existência de poucas pesquisas que abordam esse tema, associado à *formação-continuada*, à Modelagem e à TAR, mas devem considerar o olhar simétrico e imparcial da TAR. Considera-se a pluralidade das ações. A agência dos infinitos *actantes* que compõem a rede fazem outros agir. Portanto, deve-se explorar mais tais temáticas, principalmente na área de Educação Matemática num cenário pós-pandêmico.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esta pesquisa, procuramos rastrear as controvérsias que envolvem a geração de energia solar fotovoltaica associada à Modelagem Matemática na *formação-continuada*. Retomando também os objetivos específicos, temos: identificar e caracterizar as controvérsias na geração da energia solar fotovoltaica; evidenciar as particularidades da constituição da Modelagem Matemática como rede sociotécnica; compreender as interconexões entre redes diversas, com base nas associações entre humanos e não humanos na *formação-continuada* e, por fim, descrever, seguindo os rastros (mensagens) dos atores em ação (*actantes*), seus efeitos e suas conexões.

Apesar de tantos anos de estudos e aplicações, a Modelagem é ainda tão importante que, ao longo do tempo, vem sendo utilizada em diversas áreas e ações cotidianas, a exemplo da ciência e tecnologia e da construção civil. Além disso, atua na criação de animais, na tomada de decisões, na previsão avançada do tempo, na agricultura (incluindo o controle de pragas), nos avanços e/ou crescimento de cidades, entre tantas outras áreas, a exemplo da Administração, do Jornalismo, do Direito e da Educação. Vale ressaltar que a Educação Matemática crítica, principalmente com a utilização da Modelagem, contribui de modo significativo para a ressignificação da aprendizagem.

As controvérsias rastreadas neste relatório de pesquisa partem da Lei n.º 14.300, de 6 de janeiro de 2022 (“Lei de taxaço do sol”), a instalação de hidrelétricas, o “apagão” do dia 15 de agosto de 2023 (afetando 25 estados e o Distrito Federal), etc. A produção em massa e o descarte de insumos tecnológicos da energia solar produzidos e importados da China também entraram nesse contexto.

A Lei de taxaço cobra de início 15%, chegando a 90%, com base na fatura de energia elétrica das famílias brasileiras, adeptas do sistema *on-grid* (conectado à rede elétrica). A instalação de hidrelétricas, principalmente na Amazônia, causa desastres ambientais e sociais e os insumos tecnológicos (painéis, inversores, disjuntores, fios, entre outros) importados, produzidos na China, podem envolver fatores “políticos”. Seu descarte correto ainda é uma incógnita. Dessa forma, verificou-se as afetações no social ligadas ao desmatamento de grandes áreas para a construção das usinas, tais quais: a mudança do curso dos rios que prejudicam plantas e animais, o desabastecimento de água, o desalojamento de pessoas, principalmente os ribeirinhos.

O blecaute ocorrido no Brasil, no dia 15 de agosto de 2023, envolveu agenciamentos de sujeitos e objetos (humanos e não humanos) causando inúmeros transtornos e prejuízos para a

população, a exemplo de perecimento de matéria-prima e produtos. O fenômeno também provocou risco de vida para pessoas internadas em setores médicos/hospitalares desprovidos de geradores de energia elétrica. Todos esses *actantes* enredados agem e provocam diversas afetações, muitas delas desastrosas e até mesmo irreparáveis, como já citado, no tocante ao bem-estar do planeta.

O desenvolvimento da pesquisa foi inclinado para responder a esta questão: *quais afetações ocorrerão com a geração da energia solar fotovoltaica?* Considerando o contexto, para tal finalidade, investigamos as afetações provocadas e tomamos a Modelagem como rede sociotécnica, embasados em Santana (2023), Latour (2012) e na TAR. Assim, foi agenciada uma *formação-continuada* em Modelagem para professores que ensinam Matemática, proposta aberta à comunidade nas instalações de uma universidade pública estadual baiana (Uefs). Tínhamos como objetivo: mapear as associações e rastrear as controvérsias na geração da energia solar fotovoltaica, por meio da Modelagem Matemática.

Além disso, por meio dessa ação, contendo uma tarefa de Modelagem, pretendíamos: problematizar o uso da energia solar no cotidiano na busca de análises sobre seu custo-benefício; coletar dados referentes aos custos e benefícios da utilização da energia solar em residências ou como política pública para a sociedade; refletir sobre possíveis modelos matemáticos que demarquem a utilização e o custo-benefício da energia solar em residências ou como política pública social. A questão norteadora para a ação foi a seguinte: *considerando os altos custos dos insumos, instalação e mão de obra, é viável para as famílias a energia solar fotovoltaica?*

O curso de extensão sobre Modelagem foi agenciado nesse contexto no primeiro semestre de 2024. Os resultados mostram que as associações rastreadas e controvérsias mapeadas na prática do laboratório (GCMEduc) caracterizam-se pela *formação* de uma rede de ligações entre *actantes* (humanos e não humanos) e suas afetações. Esse processo formou e performou a rede, num movimento constante, no qual a Matemática esteve sempre presente, por meio da Modelagem. No curso, observamos associações e temas como: energia solar e sistemas elétricos, economia, sustentabilidade, modelo matemático, usinas hidrelétricas, desastres ambientais e sociais, entre outros.

Quanto à energia solar, os agenciamentos pautaram temas como: a geração é limpa, preservando a integridade do planeta. Porém, a “Lei de taxação do Sol” causa desvantagens financeiras para as famílias, englobando aspectos econômicos e sustentáveis. No curso, movido por debates intensos, entre disputas, concordâncias e discordâncias, a seguinte questão veio à tona: por que se investe tanto em insumos tecnológicos para a instalação da energia solar na

China? A crescente exportação chega a ser, de certo modo, assustadora, tendo em vista os altíssimos custos para a aquisição deles. Portanto, esse tema foi muito debatido nos encontros utilizados para a implementação do curso de extensão em Modelagem. Ficam para a reflexão do leitor e para pesquisas futuras tais questões.

O fato de usar a Modelagem para resolver situações envolvendo determinado tema, mesmo que não seja da área de Matemática, mas que faça parte do cotidiano do aluno, a exemplo da energia solar, mostra que vários conteúdos poderão estar no contexto. O surgimento dos conteúdos ocorre ao passo que o aprofundamento no tema acontece, principalmente se for do interesse dos estudantes. Com isso, o aprendizado se dá de forma mais intensa, pois as descobertas serão úteis para sua realidade.

Na prática da *formação* em Modelagem, tematizando a Energia Solar em seus resultados de estudos, os participantes apresentaram conteúdos como: gráficos, razão e proporção, regra de três, juros simples, porcentagem, equação e função. Vale reforçar que as controvérsias rastreadas neste trabalho, com relação à instalação, geração e distribuição da energia solar fotovoltaica, partem da “Lei de taxação” e, no caso da energia hidrelétrica, das afetações no meio ambiente e no social. Imagine o leitor o que fará uma família, com seu sistema em atividade, encarando o cumprimento desta lei, atingindo 90% sobre o valor da conta de energia? De que adiantaria o esforço total e a redução proporcionada pela geração própria via sistema fotovoltaico?

Vale reforçar que a Modelagem não encerraria a(s) controvérsia(s), mesmo empregando o arcabouço da TAR, pois algumas possibilidades de estabilização dos fenômenos podem também esgotar-se à medida que surgirem novos elementos. Tais elementos podem gerar “conflitos” e discordâncias, nascendo, assim, uma nova rede que poderá performar-se constantemente. Por outro lado, a geração de energias limpas preserva a integridade do planeta. Salientamos que, na produção de energia elétrica convencional, as agressões ao meio ambiente acontecem, pois são desmatadas e utilizadas grandes áreas para a construção de usinas; na maioria das vezes, muda-se o curso dos rios, prejudica-se ou até se extingue plantas e animais, coloca-se em “xeque” a situação de abastecimento de água, desaloja-se camponeses, aldeões e/ou indígenas de seus lares, muitas vezes, até sem indenizações.

No tocante à *formação*, consideramos a continuidade dos estudos como um ponto forte para todo profissional, atento às discussões atuais, ciente dos variados desafios que se apresentam à escola e, respectivamente, aos educadores. Portanto, diante das discussões e resultados obtidos neste estudo, constatamos como é importante o docente buscar *formação-continuada*. Levamos em conta todo o contexto social, objetivando a melhoria da qualidade do

ensino-aprendizagem, principalmente no campo da Matemática. Dessa forma, reforçamos que é de extrema importância o professor que ensina Matemática buscar *formação-continuada*. Esta proporciona a condição de alicerçar uma educação forte, profissionais mais capacitados e com melhor postura em suas práticas e demais conexões. Pelos estudos realizados até aqui, é notória a evolução no campo da Educação Matemática e o desenvolvimento de ações referentes à *formação*, principalmente no que tange à Modelagem.

Sobre o mapeamento dos estudos recentes sobre Modelagem, incluindo a *formação-continuada* no contexto, os resultados do estudo mostram que os temas ainda estão sendo bem debatidos pela comunidade, ou seja, considerados quentes. Portanto, os temas são relevantes na pesquisa acadêmica e científica, pois uma boa quantidade de títulos foi encontrada, assumindo posturas inovadoras no tocante às interconexões com diferentes domínios, objetivando estreitar laços com a Matemática.

Sabemos que as inquietações, as dificuldades e o sucesso de professores em relação à participação em tais *formações*, bem como à aplicação e/ou à implementação da Modelagem em sala de aula são muitas. Independentemente de a Modelagem ser tomada como ambiente de aprendizagem, alternativa pedagógica, obtenção de um modelo, rede sociotécnica ou outra concepção, ela contribui significativamente para a área de Educação Matemática.

O desenvolvimento de competências de professores e estudantes, principalmente considerando a realidade cotidiana, num processo coletivo e articulado em rede é observado no uso da Modelagem. É fundamental que o estudante leve a pesquisa sobre a energia solar para casa, avaliando quanto gasta de energia elétrica por meio da observação da fatura de sua residência. Trata-se de uma forma prática e envolvente de aprender sobre a eficiência da energia solar e seu custo-benefício, como foi visto no contexto teórico-prático deste trabalho.

Com a experimentação prática, os estudantes podem calcular a produção de energia solar para sua residência e ver na prática como a energia solar pode reduzir os custos com energia elétrica. A independência energética estimula a inovação! Tais estudantes aprendem modelando sobre seu próprio consumo, praticando o cálculo de custos, bem como o fazem com a conscientização ambiental para a redução das emissões de carbono com a construção de hidrelétricas.

Consideramos as mudanças no bioma de determinados locais com agenciamentos desta natureza. Nesse contexto, a energia solar desempenha um papel importante para um futuro mais limpo em termos de consumo de energia. Portanto, a implementação da energia solar para quem gasta muita energia elétrica pode ser viável, mas, para quem gasta pouco, devido aos altos custos não é interessante. Vale a pena a ampliação dos estudos sobre a energia solar e o

reconhecimento sobre sua implementação de forma sustentável. Salientamos que novas pesquisas sobre Modelagem associadas a outros temas devem ser realizadas, contemplando diversos olhares e métodos, principalmente no pós-pandemia. Ademais, em um mapeamento de estudos, foram verificadas duas revistas de referência na área de Educação Matemática e, assim como nos estudos iniciais, não encontramos trabalhos que relacionam Modelagem à TAR, principalmente no contexto da energia solar.

Vale ressaltar que foram encontrados estes estudos de Oliveira (2019, 2022), tais quais: “Modelagem Matemática Crítica-Ética-Simétrica: uma perspectiva em construção” (Oliveira; Souza, 2019) e *Modelagem Matemática articulada à teoria ator-rede em uma casa de farinha em Breves-PA* (Oliveira, 2022). Mas, vimos nos estudos associados a este relatório de pesquisa que o protagonismo em ação dado aos humanos fere os princípios da TAR, pois os não humanos também participam da ação social, agindo e produzindo efeitos e vinculações. Dessa forma, a ação é plural, coletiva e híbrida, e não limitada, sendo também um *actante*.

A pesquisa que mais se aproximou do que pretendemos em nossos estudos foi a seguinte: “Modelagem Matemática com produção de vídeos digitais: reflexões a partir de um estudo exploratório” (Borba; Canedo Junior, 2020). Nessa publicação, apesar de ser evidenciado o fenômeno da hibridização envolvendo seres humanos com mídias, a centralização das ações humanas é observada. De modo geral, os trabalhos com Modelagem de Borba e Canedo Junior (2020), Oliveira e Souza (2019) e Oliveira (2022) centram-se no sujeito e não consideram a agência dos objetos (o que eles nos fazem fazer), bem como dão protagonismo aos humanos.

Assim, a relação *sujeito-objeto* de forma simétrica não foi confirmada nessas obras. Portanto, como já explicitado, no presente trabalho compreendemos a Modelagem como rede sociotécnica, baseados em Latour (2012), Santana (2023) e na TAR, no tocante à Energia Solar, associada à *formação-continuada*. É essa concepção ou perspectiva que trazemos de novo neste relatório de pesquisa.

Avaliamos que todo o material analisado no presente relatório contribui para o desenvolvimento da pesquisa e a possível solução das demandas destacadas, atendendo aos objetivos. Não pretendemos alcançar a terra prometida, abrindo o “Mar Vermelho”, mas sim evidenciar por meio da associação, ou seja, da agência entre os elementos humanos e não humanos a quebra da dicotomia entre tais elementos; ainda há muito o que discutir. Deixaremos como opção para o leitor/pesquisador a continuidade deste estudo para a ampliação dos conhecimentos. Como contribuição, argumentos como problematizar, investigar, buscar, selecionar, organizar, manipular, modelar, refletir, compartilhar, socializar e sistematizar

podem nos possibilitar resolver situações com referência à realidade que estão quentes, como sugere Santana (2023). As associações e/ou controvérsias mapeadas na geração da energia solar fotovoltaica evidenciaram a busca por novos aliados para a construção do modelo matemático.

Por meio da Modelagem tomada como rede sociotécnica, examinamos agências ou movimentos não restritos a humanos, os quais não devem ser tratados como o centro das atenções (vale a simetria) e nos ajudam a compreender as conexões. Devemos descrever tais processos de associações heterogêneas rastreando as ações dos *actantes* (humanos e não humanos), os quais, juntos, formam entidades “híbridas”. Para concluir, é essencial atentar-se para a importância do desenvolvimento do conhecimento matemático, considerando as afetações sociais da Matemática em ação, incluindo aspectos sociopolíticos, num sentido mais amplo desse campo de estudos.

A proposta que tencionamos é direcionada em especial ao governo do Brasil, considerando o que foi estudado nesta pesquisa no que tange ao contexto social, o que envolve a energia solar fotovoltaica e parte de investimentos a longo prazo. Trata-se de um projeto de ampliação da rede de fazendas solares espalhadas pelo país ou implantação de novas, mas concentradas, em sua maioria, no Nordeste brasileiro, onde a incidência solar é mais forte e constante ao longo do ano.

O verão prolongado de muitos municípios, nessa região, por exemplo, contribui significativamente para uma maior produção de energia solar. Tais agenciamentos beneficiarão milhões de famílias de baixa renda, pois o plano consiste em gerar energia o suficiente para distribuir para usuários cadastrados pelo governo, injetando na rede elétrica a energia produzida pelos painéis solares.

Fazendo um estudo matemático para a obtenção do melhor modelo, a instituição de baixos valores na fatura de energia elétrica, em parceria com as empresas operadoras, incluindo as taxas básicas e excluindo a taxa do sol com alteração da Lei n.º 14.300/2022 seriam ações do projeto. Isso levaria em conta, principalmente, a condição financeira de determinadas famílias, após o mapeamento da rede, ou seja, um levantamento, considerando, entre outros fatores, a renda *per capita* e a realidade social. Assim, seguimos para as fases subsequentes até o funcionamento do sistema fotovoltaico *on-grid*.

Como implicação, faz-se necessário observar a relação *sujeito-objeto* na Modelagem de forma simétrica, sem dar protagonismo apenas ao sujeito (aluno ou professor), visto que tomar a agência dos objetos pode nos ajudar a analisar a rede. Esta é constituída ao pautar os temas transversais associados às demandas da Educação Básica no contexto pós-pandêmico. Portanto, salientamos que os resultados encontrados neste estudo ofereceram uma estabilização

momentânea do fenômeno investigado, principalmente considerando a rapidez com que ocorrem as mudanças no Social. Novas pesquisas precisam ser realizadas, para que a TAR contribua para investigar diferentes fenômenos na Educação Matemática.

REFERÊNCIAS

- A FOLHA. **Mapa do Apagão pelo Brasil**. 1 ilustração. 2023. Disponível em: <https://afolhadosal.com.br/2023/08/16/todas-as-regioes-do-brasil-foram-afetadas-pelo-apagao/>. Acesso em: 22 fev. 2024.
- ABDANUR, Patrícia; BARBIERI, Daniela Donisete; BURAK, D; ; Modelagem Matemática; Ações e interações no Desenvolvimento de um tema.. In: I EPMEM - Encontro Paranaense de Modelagem na Educação Matemática, 2004, Londrina. **Anais [...]**. Londrina: UEL, 2004. Disponível em: <https://www.dionisioburak.com.br/artigos-eventos>. Acesso em: 11 ago. 2022.
- ABSOLAR. O Brasil chega aos 14 GW de energia solar e deve dobrar a marca este ano. *In*: ABSOLAR. **Notícia**. São Paulo, 10 mar. 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/brasil-chega-aos-14-gw-de-energia-solar-e-deve-dobrar-a-marca-este-ano/>. Acesso em: 10 set. 2022.
- AGÊNCIA DE CONTEÚDO DN. Tire dúvidas sobre a instalação de energia solar em residências. **Diário do Nordeste**, [S. l.], 19 ago. 2022. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/tire-duvidas-sobre-a-instalacao-de-energia-solar-em-residencias-1.3268533>. Acesso em: 10 set. 2023.
- AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DA INDÚSTRIA. **A matriz elétrica brasileira**. *In*: PORTAL DA INDÚSTRIA. [S. l.], 17 nov. 2021a. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/a-matriz-eletrica-brasileira/>. Acesso em: 3 ago. 2022.
- AGÊNCIA DE NOTÍCIAS DA INDÚSTRIA. **Custo da energia elétrica para a indústria**. *In*: PORTAL DA INDÚSTRIA. [S. l.], 17 nov. 2021b. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/custo-da-energiaeletrica-paraindustria/#:~:text=1.0x,O%20Brasil%20possui%20uma%20das%20mais%20caras%20tarifas%20de%20energia,%24%20684%2C77%20por%20MWh>. Acesso em: 15 fev. 2024.
- ALCADIPANI, R.; TURETA, C. Teoria ator-rede e análise organizacional: contribuições e possibilidades de pesquisa no Brasil. **Organizações & Sociedade**, Salvador, v. 16, p. 647-664, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/osoc/a/pzLxdJGm3K3yYWpNTCkRp8k/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 22 out. 2022.
- ALMEIDA, L. M. W.; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem Matemática na educação básica**. São Paulo: Contexto, 2012. alternativa para ensino-aprendizagem da matemática no meio rural. **Zetetiké**,
- ALZAMORA, G.; ZILLER, J.; COUTINHO, F. A. (org.). **Dossiê Bruno Latour**. 1. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2020. v. 1. 310p. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7243055/mod_resource/content/1/DossieBrunoLator_PROVAFINAL.pdf. Acesso em: 5 ago. 2023.
- AMILLIS, P. K.; BUSSULAR, C. Z.; C. S. A agência a partir da Teoria Ator-Rede: reflexões e contribuições para as pesquisas em administração. **Organizações & Sociedade**, Salvador, v.

23, p. 73-91, 2016. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/osoc/a/mk7zPp8vV9fGrt6fjJtndmD/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 04 jul. 2022.

ANDRADE, D. M. M.; ROSA, Claudia Urpia (Org.); CRUZ, Lorames Bispo dos Santos (org.). **Relatos de Experiências Docentes em tempos de Pandemia**. 1. ed. Curitiba: CRV LTDA, 2021. v. 1.

ARAUJO, J. L.; AVELAR, P. R. N. Interpretação Semiótica em Atividades de Modelagem Matemática. **Bolema**, Rio Claro (SP), v. 36, n. 72, p.239-261, abr. 2022. ISSN 1980-4415. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/rv93pxxmbFRMMskTX4DMhrt/#>. Acesso em: 18 jul. 2023.

ARAUJO, J. L.; LIMA, F. H. O processo de matematização como ações orientadas ao objeto de um sistema atividade de modelagem. **Bolema**, Rio Claro, v. 34, n. 68, p. 847-868, dez. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/5LH9fBb6dXLLVmgXvX6LCVx/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 14 jul. 2023.

ARAÚJO, J. L.; BARBOSA, J. C. Face a face com a Modelagem Matemática: como os alunos interpretam essa atividade? **Bolema - Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, v. 23. p. 79-95. 2005.

ARAÚJO, J. L. Relação entre matemática e realidade em algumas perspectivas de modelagem matemática na educação matemática. In: BARBOSA, J. C., CALDEIRA, A. D.; ARAÚJO, J. de L. (Org.). **Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileira: pesquisas e práticas educacionais**. Recife: SBEM, 2007, 17-32.

BARBOSA, C. I. de C.; OLIVEIRA, M. L. C. Modelagem matemática: como o conhecimento prévio dos alunos interfere na construção do modelo matemático. In: ENCONTRO PARANAENSE DE MODELAGEM EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3., 2008, Guarapuava. **Anais [...]**. Guarapuava: Unicentro, 2008a. 1 CD-ROM.

BARBOSA, J. C. O que pensam os professores sobre a modelagem matemática? **Zetetiké**, Campinas, v. 7. n. 11, p. 68-75, 1999.

BARBOSA, J. C. **Modelagem matemática: concepções e experiências de futuros professores**. UNESP. Rio Claro, 2001a (Tese de doutorado).

BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática e os professores: a questão da formação. **Bolema - Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, n. 15, p. 5-23, 2001b.

BARBOSA, J. C. Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 24., 2001, Caxambu. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Anped, 2001c. Disponível em: https://www.ufrgs.br/espmat/disciplinas/funcoes_modelagem/modulo_I/modelagem_barbosa.pdf. Acesso em: 14 abr. 2022.

BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática e os futuros professores. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 25., 2002, Caxambu. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Anped, 2002. 1 CD-ROM.

BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática e a perspectiva sócio-crítica. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 2., 2003, Santos. **Anais [...]**. São Paulo: SBEM, 2003a. 1 CD-ROM.

BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática na Sala de Aula. **Perspectiva**, Erechim, v. 27, n. 98, p. 65-74, 2002b.

BARBOSA, J. C. Uma perspectiva de Modelagem Matemática. In: Conferência Nacional sobre Modelagem e Educação Matemática, 3., Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: UNIMEP, 2003c. 1 CD-ROM.

BARBOSA, J. C. A “contextualização” e a Modelagem na educação matemática do ensino médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2004, Recife. **Anais [...]**. Recife: SBEM, 2004a. 1 CD ROM.

BARBOSA, J. C. As relações dos professores com a modelagem matemática. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2004, Recife. **Anais [...]**. Recife: Sbem, 2004b. 1 CD-ROM. p. 1-20.

BARBOSA, J. C. **Modelagem Matemática em curso para não-matemáticos**. In: CURY, H. N. (Org.). Disciplinas matemáticas em cursos superiores: reflexões, relatos e propostas. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004c. p. 63-83.

BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática: O que é? Por que? Como? **Veritati: Educação Matemática Pesquisa**, Salvador, v. 4, p. 73-80, 2004d. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2010/Matematica/artigo_veritati_jonei.pdf. Acesso em: 14 abr. 2022.

BARBOSA, J. C. A dinâmica das discussões dos alunos no ambiente de Modelagem matemática. In: Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática, 3., 2006, Águas de Lindóia. **Anais [...]**. Recife: SBEM, 2006. 1 CD-ROM.

BARBOSA, J. C. **A prática dos alunos no ambiente de Modelagem Matemática: o esboço de um framework**. In: BARBOSA, J. C.; CALDEIRA, A. D.; ARAÚJO, J. L. (Org.). Modelagem Matemática na Educação Brasileira: pesquisas e práticas educacionais. Recife: SBEM, 2007a. p. 161-174.

BARBOSA, J. C. Sobre a pesquisa em modelagem matemática no Brasil. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., 2007, Ouro Preto. **Anais [...]**. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2007b. p. 82-103.

BARBOSA, J. C. As discussões paralelas no ambiente de aprendizagem modelagem matemática. **Acta scientiae: Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, Canoas, v. 10, n. 1, p. 47-58, 2008. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/77>. Acesso em: 20 out. 2022.

BARBOSA, J. C. Modelagem e Modelos Matemáticos na Educação Científica. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, jul. 2009. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4504064/course/section/5816165/Barbosa_2009.pdf. Acesso em: 14 jun. 2022.

BARBOSA, J. C.; SANTOS, M. A. Modelagem matemática, perspectivas e discussões. *In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA*, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Recife: Sbem, 2007. 1 CD-ROM.

BARBOSA, S. A. Mapeando as Controvérsias que envolvem o Processo de Medicalização da Infância. **Psicologia & Sociedade**, Belo Horizonte, v. 31, p. 1-14, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/psoc/a/TFpKcDxxBQwzxYmytCVJBzt/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 4 jul. 2022.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática**: uma nova estratégia. São Paulo: Contexto, 2011.

BASTOS, T. A.; ROSA, M. Possibilidades de diálogo entre a Educação Física e a Matemática por meio do desenvolvimento de uma prática de Modelagem Matemática. **Perspectivas da Educação Matemática**, Campo Grande, v. 14, n. 35, p. 1-25, 22 jun. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/12433>. Acesso em: 14 jul. 2022.

BEAN, D. W. Modelagem Matemática na Cinemática: A Curva da regressão em Busca da Velocidade Instantânea. *In: Encontro nacional de Educação Matemática 6.*, 1998. **Anais...** São Leopoldo, UNISINOS. 1998. p. 221-222.

BEAN, D. W. O que é modelagem matemática? **Educação Matemática em Revista**, São Paulo, ano 8, n. 9/10, p. 49-57, abr. 2001.

BEAN, D. Modelagem na Perspectiva do Pensamento. *In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA*, 3., 2003, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: UNICAMP, 2003. p. 01-11.

BEAN, D. W. Modelagem na Linguagem Fractal. *In: Encontro Paranaense de Modelagem e Educação Matemática*. 2004. **Anais [...]**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2004. 1 CD-ROM.

BEAN, D. W. Realidade como interação com o mundo. *In: IV Conferência Nacional sobre Modelagem e Educação Matemática-CNMEM*, 2005, Feira de Santana - BA. **Anais [...]**. Uefs, 2005. 10 p.

BEAN, D. W. Modelagem matemática: uma mudança de base conceitual. *In: Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática*, 5, 2007, Ouro Preto. **Anais [...]**. Ouro Preto: CNMEM, 2007. p. 35-58. 1 CD-ROM.

BEAN, D. W. Modelagem: uma conceitualização criativa da realidade. *In: Encontro de Educação Matemática de Ouro Preto*, 4., 2009, Ouro Preto. **Anais [...]**. Ouro Preto: EEMOP, 2009, p. 90- 104.

BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem Matemática como Método de Ensino Aprendizagem de Matemática em cursos de 1º e 2º graus**, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil, 1990 (Dissertação de Mestrado).

BIEMBENGUT, M. S. **Qualidade no Ensino de Matemática na Engenharia: uma proposta metodológica e curricular.** 1997. 305 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem Matemática & Implicações no ensino-aprendizagem de matemática.** Blumenau: Ed. Da FURB, 1999. 134p.

BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem Matemática: Mapeamento das Ações Pedagógicas dos Educadores de Matemática.** Tese de Pós - Doutorado, USP, São Paulo - SP, 2003a.

BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem Matemática no Ensino.** 3ª ed. São Paulo: Contexto, 2003b.

BIEMBENGUT, M. S. **História da Modelagem Matemática no Ensino Brasileiro.** 2006. (palestra). Disponível em: <http://www.inf.uioeste.br/~rogerio/historia-da-Modelagem-matematica.pdf>. Acesso em: 15 out. 2022.

BIEMBENGUT, M. S. **Mapeamento da Modelagem Matemática no Ensino Brasileiro.** Relatório de Iniciação Científica – Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico Científico – CNPq, 2007a.

BIEMBENGUT, M. S. **Sobre a Modelagem Matemática do saber e seus limites.** In: BARBOSA, J. C; CALDEIRA, A. D. e ARAÚJO, J. L. (Org.) *Modelagem matemática na educação matemática brasileira: pesquisas e práticas educacionais.* São Paulo: SBEM. 2007b. v.3, p. 33-47.

BIEMBENGUT, M. S. 30 Anos de Modelagem Matemática na Educação Brasileira: das propostas primeiras às propostas atuais. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.2, n.2, p.7-32, jul. 2009 Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37939/28967.%20Acesso%20em%2016%20abr.%202022>. Acesso em: 16 abr. 2022.

BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem matemática no ensino fundamental.** Blumenau: Edifurb, 2014.

BIEMBENGUT, M. S. **Modelagem na Educação Matemática e na Ciência.** São Paulo: Livraria da Física, 2016.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. **Modelagem Matemática no Ensino.** 3ª ed. São Paulo. ed. Contexto, 2003. 128 p.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N.; LOSS, G. S. **A formação dos pensamentos algébrico e geométrico: Uma experiência com a modelagem matemática.** Pró-Mat/Paraná, Curitiba, v. 1, p. 32-41, 1998.

BIEMBENGUT, M. S.; LOSS, G. S. Interação do professor com a modelagem matemática. In: X Encontro nacional de educação matemática, 2010a, Salvador. **Anais [...]**. Disponível em: <http://www.pucrs.br/edipucrs/erematsul/comunicacoes>. Acesso em: 10 set. 2022.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N.; LOSS, G. S. **Modelagem Matemática no ensino de matemática na Engenharia**, 2010b. p. 234-243. Disponível em: <http://www.pucrs.br/edipucrs/erematsul/comunicacoes/21GABRIELSCHNEIDERLOSS.pdf>. Acesso em: 12 out. 2022.

BIEMBENGUT, Maria Salett, VIEIRA, Emilia Melo, FAVERE, Juliana. **Considerações Históricas Sobre a Modelagem Matemática no Brasil**. In Anais do III Congresso Nacional do Ensino da Matemática. Canoas, 2005.

BIEMBENGUT, Maria Salett. FARIA, Thaís Mariane Biembengut. **Modelagem matemática na formação de professores: possibilidades e limitações**. In: IX Congresso Nacional de Educação - EDUCERE. III Encontro Sul Brasileiro de Psicologia, 26 a 29 de outubro de 2009. Curitiba, PUCPR, p. 96-109.

BIEMBENGUT, Maria Salett; DOROW, Kelli Cristina. MAPEAMENTO DAS PESQUISAS SOBRE MODELAGEM MATEMÁTICA NO ENSINO BRASILEIRO: ANÁLISE DAS DISSERTAÇÕES E TESES DESENVOLVIDAS NO BRASIL. **Revista Dynamis**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 54–61, 2008. DOI: 10.7867/1982-4866.2008v14n1p54-61. Disponível em: <https://ojsrevista.furb.br/ojs/index.php/dynamis/article/view/651>. Acesso em: 4 ago. 2022.

BIEMBENGUT, Maria Salett; MARTINS, Rosane. **Mapeamento dos programas curriculares de Modelagem Matemática dos Cursos de Formação de Educadores de Matemática (licenciaturas) do Brasil**. Relatório Final de Iniciação Científica. Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC/FURB, 2007.

BIEMBENGUT, Maria Salett; SCHMITT, Ana Luisa Fantini. **Mapeamento das Produções Acadêmicas de Modelagem Matemática no Ensino de Autores Brasileiros**. In: IX Congresso Nacional de Educação - EDUCERE. III Encontro Sul Brasileiro de Psicologia, 26 a 29 de outubro de 2009. Curitiba, PUCPR. Disponível em: https://www.pucpr.br/eventos/educere/educere2009/anais/pdf/3022_1552.pdf. Acesso em: 14 out. 2022)

BIJKER, W. E.; LAW, J. **Shaping technology/building society: studies in sociotechnical change**. Cambridge: The MIT Press, 1992.

BLOOR, D. Reply to Bruno Latour. **Studies in History and Philosophy of Science**, [S. l.], v. 30, n. 1, p. 131-136, 1999.

BORBA, M. C.; CANEDO JUNIOR, N. R. Modelagem Matemática com Produção de Vídeos Digitais: reflexões a partir de um estudo exploratório. **Com a Palavra, o Professor**, [S. l.], v. 5, n. 11, p. 171-198, 2020. Disponível em: <http://revista.geem.mat.br/index.php/PPP/article/view/561>. Acesso em: 10 dez. 2022.

BORSSOI, A. H.; SILVA, K. A. P. da; FERRUZZI, E. C. Aprendizagem Colaborativa no Contexto de uma Atividade de Modelagem Matemática. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, v. 35, n. 70, p. 937-958, ago. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/Ch9T8t3G4CdKBhLKRY3PHbF/#>. Acesso em: 10 jul. 2022.

BRAGA, C.; SUAREZ, M. C. Teoria Ator-Rede: novas perspectivas e contribuições para os estudos de consumo. **CADERNOS EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 16, p. 218-231, 2018.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cebape/a/szP3CWJwXsbQTznN57nXMHn/?format=pdf&lang=pt>.
Acesso em: 16 abr. 2022.

BRASIL. **Lei n.º 13.005, de 25 de junho de 2014**. Dispõe o Plano Nacional de Educação. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2014. Disponível em:
<https://bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/20204#:~:text=Portal%20da%20C%C3%A2mara%20dos%20Deputados>. Acesso em: 3 maio 2022.

BRASIL. **Lei n.º 14.300, de 6 de janeiro de 2022**. Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 2022. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2022/lei-14300-6-janeiro-2022-792217-publicacaooriginal-164335-pl.html>. Acesso em: 3 maio 2022.

BRASIL. **Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República, [2023]. Disponível em:
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 5 maio 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno. **Resolução N.º 1, de outubro de 2020**. Brasília, DF: CP/CNE/MEC, 2020. Disponível em:
http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=164841-rcp001-20&category_slug=outubro-2020-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 10 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno. **Resolução N.º 2, de julho/2015**. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial e Continuada em Nível Superior de Profissionais do Magistério para a Educação Básica. Brasília, DF: MEC/CNE, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. **Portaria MEC n.º 345/2020**. Brasília, DF: MEC, 2020. Disponível em:
<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=603&pagina=1&data=19/03/2020&totalArquivos=1>. Acesso em: 6 maio 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília, DF: SEB/MEC, 2006. Disponível em:
http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em: 15 abr. 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2021**. Brasília, DF: EPE/MME, 2021. Disponível em:
<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2022.

BRYMAN, A. *Social Research Methods* (5ª ed.). Oxford University Press, 2016.

BRETAS, A. M. R. **O uso do software educacional GeoGebra para a aprendizagem do conteúdo matemático de quadriláteros**. 2020. 45 f. Monografia (Especialização em Inovação e Tecnologias na Educação) – Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2020.

BRITO, C. C. de P. Entretecendo vozes na (re)escrita de diários reflexivos de professores de línguas em formação inicial. **Signum: Estudos da Linguagem**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 65-83, 2012. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/signum/article/view/13028>. Acesso em: 14 maio 2023.

BUENO, V. C. **Concepções de Modelagem Matemática e subsídios para a Educação Matemática**: quatro maneiras de compreendê-la no cenário brasileiro. 2011. 130 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Matemática) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/2439>. Acesso em: 4 jul. 2024.

BURAK, D. **Modelagem matemática**: uma metodologia alternativa para o ensino de matemática na 5ª série. Rio Claro, 1987. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – IGCE, Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho-UNESP.

BURAK, D. **Modelagem Matemática**: ações e interações no processo de ensino aprendizagem. 1992. 460 f. Tese (Doutorado em Psicologia Educacional) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

BURAK, D. Modelagem Matemática e a Sala de Aula. In: I EPMEM-Encontro Paranaense da Modelagem Na Educação Matemática. 2004, Londrina. **Anais [...]**. 2004. Disponível em: <https://www.dionisioburak.com.br/artigos-eventos>. Acesso em: 11 ago. 2022.

BURAK, D. **Modelagem Matemática: experiências vividas**. In: IV Conferência Nacional sobre Modelagem e Educação Matemática-CNMEM, 2005, Feira de Santana - BA. Conferência Nacional sobre Modelagem e Educação Matemática. Feira de Santana - BA: Uefs, 2005. Disponível em: <https://www.dionisioburak.com.br/artigos-eventos>. Acesso em: 11 ago. 2022.

BURAK, D. **Modelagem Matemática: avanços, problemas e desafios**. In: II EPMEM - Encontro Paranaense de Modelagem na Educação Matemática, 2006, Apucarana, PR. Modelagem Matemática: Práticas, Críticas e Perspectivas de Modelagem na Educação Matemática, 2006. p. 1-9. Disponível em: <https://www.dionisioburak.com.br/artigos-eventos>. Acesso em: 11 ago. 2022.

BURAK, D.; KLÜBER, T. E. Educação matemática: contribuições para a compreensão de sua natureza. **Acta Scientiae ULBRA**, Canoas, v. 10, p. 93-108, jul./dez. 2008. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/68/0>. Acesso em: 10 dez. 2022.

BURAK, D. A Modelagem Matemática na perspectiva da Educação Matemática: olhares múltiplos e complexos. **Educação Matemática Sem Fronteiras**, Chapecó, v. 1, n. 1, p. 96-111, jan./jun. 2019. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/EMSF/article/view/10740/7127>. Acesso em: 15 maio 2022.

BURAK, D. ; BARBIERI, Daniela Donisete . **Modelagem Matemática e suas implicações para a Aprendizagem Significativa**. In: IV Conferência Nacional sobre Modelagem e Educação Matemática, 2005, Feira de Santana - BA. Conferência Nacional sobre Modelagem

e Educação Matemática. Feira de Santana: Uefs, 2005. Disponível em: <https://www.dionisioburak.com.br/artigos-eventos>. Acesso em: 11 ago. 2022.

BURAK, D. KLÜBER, T. E. Modelagem Matemática sob um olhar de Educação Matemática e suas implicações para a construção do conhecimento matemático em sala de aula. In: **Revista de Modelagem na Educação matemática**. 2010, v. 1. n° 1,1. p. 10-27.

BURAK, D.; ZONTINI, L. R. S. Práticas com modelagem na formação do professor da Educação Básica: a busca por uma nova racionalidade. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v. 15, p. 1-20, 2020. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/praxiseducativa/article/view/14239> . Acesso em: 10 dez. 2022.

CALDEIRA, A. D. Modelagem matemática: um outro olhar. **Alexandria** - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 2, n. 2, p. 33-54, jul. 2009.

CALIENDO, P.; CAVALCANTE, D. L. **Tributação ambiental e energias renováveis**. Porto Alegre: Editora FI, 2016. Disponível em: https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/11536/2/EXTRAFISCALIDADE_AMBIENTAL_E_O_INCENTIVO_AS_ENERGIAS_RENOVAVEIS.pdf. Acesso em: 3 set. 2023.

CALLON, M. Dos estudos de laboratório aos estudos de coletivos heterogêneos, passando pelos gerenciamentos econômicos. [Entrevista concedida a Antonio Arellano Hernández e Ivan da Costa Marques]. **Sociologias**, Porto Alegre, ano 10, n° 19, jan./jun. 2008, p. 302-321. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/soc/a/vMsR5ShpxsdscW9yF9j94L/>. Acesso em: 15 mai. 2022.

CALLON, M. The Sociology of an Actor-Network: The Case of the Electric Vehicle. In: CALLON, M.; LAW, J.; RIP, A. (ed.). **Mapping the Dynamics of Science and Technology**. London: Palgrave Macmillan, 1986. p. 1-11. Disponível em: <https://www.homepages.ucl.ac.uk/~ucessjb/S3%20Reading/callon%201986.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2024.
Campinas, v. 6, n. 10, jul./dez. 1998.

CARDOSO, Tarcísio de Sá; SANTAELLA, Lúcia. A relevância da mediação no pensamento de Bruno Latour. In: ALZAMORA, Geane; ZILLER, Joana; COUTINHO, Francisco (Org.). **Dossiê Bruno Latour**. 1. Ed. Belo Horizonte: UFMG, 2020. v. 1. cap. 2, p. 141-177. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7243055/mod_resource/content/1/DossieBrunoLator_PROVAFINAL.pdf. Acesso em: 05 ago. 2023.

CATTO, A.; BOLZANI, I. Apagão nacional: o que se sabe até agora. **Portal G1**, [S. l.], 16 ago. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2023/08/16/apagao-nacional-o-que-se-sabe-ate-agora.ghtml>. Acesso em: 5 set. 2023.

CAVALCANTE, D. L. Tributações fiscais com foco no desenvolvimento sustentável. **Revista Direito Sem Fronteiras**, Foz do Iguaçu, v. 2, n. 5, p. 155-169, jul./dez. 2018.

CAVALCANTI, A. S. Olhares epistemológicos e a pesquisa educacional na formação de professores de ciências. **Educ. Pesqui.**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 983-998 out./dez. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/WhQbRXcSv5zb4Gb6F9X7LJd/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 4 jul. 2024.

CENTRO DA MEMÓRIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL. **Panorama do setor de energia elétrica no Brasil**. Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, 1988.

CERRETO, C.; DOMENICO, S. M. R. Mudança e Teoria Ator – Rede: Humanos e Não Humanos em Controvérsias na Implantação de um Centro de Serviços Compartilhados. **Cadernos EBAPE**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 83-115, jan./mar. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cebape/a/4Q93q3FLgN3TrxLpFGJ78Dr/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 6 jun. 2022.

CIVIERO, P. A. G. **Educação Matemática Crítica e as implicações sociais da Ciência e da Tecnologia no Processo Civilizatório Contemporâneo**: embates para Formação de Professores de Matemática. 2016. 382 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/175795>. Acesso em: 15 jul. 2024.

COELHO, V. Pesquisadores batem recorde de eficiência na conversão de luz solar para energia solar. **Revista Exame**, [S. l.], dez. 2014. Disponível em: <https://exame.com/ciencia/pesquisadores-batem-recorde-de-eficiencia-na-conversao-de-luz-solar-para-energia-eletrica/>. Acesso em: 20 fev. 2024.

CRESESB. **Atlas solarimétrico do Brasil**. Coordenação: C. Tiba *et al.* Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf. Acesso em: 7 jun. 2022.

CRESESB. **Radiação Solar**. Rio de Janeiro: Cresesb, 2014. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=301. Acesso em: 7 jun. 2022.

CRESWELL, J. W., POTTH, C. N. **Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches** (4ª ed.). Sage Publications, 2018.

D'AMBROSIO, U. **Educação Matemática da teoria à prática**. Campinas: Papirus, 2002.

D'AMBROSIO, U. Etnomatemática, justiça social e sustentabilidade. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 189-204, 2018. DOI: 10.1590/s0103-40142018.3294.0014. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/152689..> Acesso em: 15 mai. 2023.

DAGNINO, R. **Tecnologia Social**: ferramenta para construir outra sociedade. 2. ed. Campinas: Komedi, 2010.

DALLA VECCHIA, R.; MALTEMPI, M. V. **Bolema**: Boletim de Educação Matemática, Rio Claro, v. 33, n. 64, p. 748-767, ago. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/CbDctjT9LGH3PwTssjhknRm/>. Acesso em: 15 jul. 2023.

DAVIS, E. A.; KRAJCIK, J. S. Designing Educative Curriculum Materials to Promote Teacher Learning. **Educational Researcher**, [S. l.], v. 34, n. 3, p. 3-14, 2005. de matemática na 5ª série. 185 f. 1987. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1987.

DELEUZE, G.; GUATTARI, F. **Mil platôs**: capitalismo e esquizofrenia. São Paulo: Editora 34, 2011. v. 1. Disponível em: <https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2022.

EDITORA UNESP. **Bruno Latour**. São Paulo: Unesp, 2024. Disponível em: <https://editoraunesp.com.br/catalogo?criterio=bruno+latour>. Acesso em: 15 mai. 2024. em: https://pure.uva.nl/ws/files/1050755/90295_330874.pdf. Acesso em: 25 ago. 2023.

EMILIO, D. R. **Descartes, René du Perron (1596 – 1650)**. Campinas: FEM/Unicamp, 2024. Disponível em: <https://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/person/descarte.htm>. Acesso em: 12 jun. 2024.

ENERGIA HIDRELÉTRICA. *In*: TRENDS GOOGLE. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://trends.google.com.br/trends/explore?date=2022-01-01%202022-05-31&geo=BR&q=energia%20hidrel%C3%A9trica&hl=pt-BR>. Acesso em: 10 maio 2023.

ENERGIA SOLAR. *In*: TRENDS GOOGLE. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://trends.google.com.br/trends/explore?q=energia%20solar%202023&geo=BR>. Acesso em: 10 maio 2023.

EPE. **Matriz Energética e Elétrica**. Brasília, DF: EPE, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 10 abr. 2023.

EXAME. Energia solar caminha para ser a segunda maior fonte do Brasil; saiba o que isso representa. **Exame**, [S. l.], 2022. Disponível em: <https://exame.com/esg/energia-solar-caminha-para-ser-a-segunda-maior-fonte-do-brasil-saiba-o-que-isso-representa/>. Acesso em: 20 fev. 2023.

FALCÃO, N. **A função social da energia solar fotovoltaica**. *In*: REVOLUSOLAR. Rio de Janeiro, 9 ago. 2021. Disponível em: <https://revolusolar.org.br/a-funcao-social-da-energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

FEARNSIDE, P. M. Controvérsias sobre o efeito estufa. Por que a energia hidrelétrica não é limpa. pp. 270-271 *In*: GORAYEB, I. S. (ed.). **Amazônia. Jornal “O Liberal”**. Belém: Vale, 2008. p. 270-271. Disponível em: http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/2008/Hidreletricas%20nao%20energia%20limpa.pdf. Acesso em: 5 ago. 2023.

FERRASA, I. A. C. **A Rede Sociotécnica na Formação de Professores de Ciências da natureza, matemática e suas Tecnologias/Física**. 2007. 169 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/90521>. Acesso em: 20 set. 2022.

FERREIRA, D. H. L.; WODEWOTZKI, M. L. L. Modelagem Matemática e Educação Ambiental: uma experiência com alunos do Ensino Fundamental. **Zetetiké**, Campinas, v. 15, n. 28, p. 63-85, jul./dez. 2007.

FERREIRA, P. E. A.; SILVA, K. A. P. Interpretação Semiótica em Atividades de Modelagem Matemática. **Bolema**: Boletim de Educação Matemática, Rio Claro, v. 33, n. 65, p. 1233-1254, dez. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/kYQxKL96N3mgVdhLZhfygYf/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 17 jul. 2023.

FERRETE, R. B.; MENDES, I. A. Investigando a matemática presente na arte ceramista de Icoaraci. *In*: Encontro Nacional de Educação Matemática, 8., 2004, Recife. **Anais [...]**. Recife: Sbem, 2004. Disponível em: <https://www.sbem.com.br/files/viii/pdf/05/CC68627947287.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2023.

FORNER, R.; MALHEIROS, A. P. dos S. Entre contextos opressivos e reguladores: a Modelagem como possível resistência à Cultura da Performatividade. **Perspectivas da Educação Matemática**, Campo Grande, v. 12, n. 30, p. 538-558, 17 jan. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/9618>. Acesso em: 3 jul. 2023.

FREIRE, L. L. Seguindo Bruno Latour: notas para uma antropologia simétrica. **Comum**, Rio de Janeiro, v. 11, p. 46-65, 2006.

GATTI, B. A. **Professores do Brasil: novos cenários de formação**. Brasília: Unesco, 2019. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367919>. Acesso em: 3 jul. 2022.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GREIMAS, A. J.; COURTÉS, J. **Dicionário de semiótica**. Tradução A. D. Lima *et al.* São Paulo: Contexto, 2008.

HASSARD, J.; COX, J. Can sociological paradigms still inform organizational analysis? A paradigm model for post-paradigm times. **Organization Studies**, [S. l.], v. 34, n. 11, p. 1701-1728, 2013.

HERMINIO, M. H. G. B.; BORBA, M. C. A noção de interesse em projetos de Modelagem Matemática. **EMP**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 111-127, 2010. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/3283/2182>. Acesso em: 28 fev. 2023.

HOOKS, B. A construção de uma comunidade pedagógica. *In*: HOOKS, B. **Ensinando a Transgredir: a educação como prática de liberdade**. Tradução: M. B. Cipolla. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2017. p. 1-283. <https://www.portalsolar.com.br/conheca-telha-solar-fotovoltaica>. Acesso em: 5 maio 2024.

IMBERNÓN, F. **Formação Continuada de Professores**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

KAISER, G.; SRIRAMAN, B. A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. **Zentralblatt für Didaktik der Mathematik**, [S. l.], v. 38, n. 3, p. 302-310, 2006.

KLUBER, T. E. Concepções de modelagem matemática: contribuições teóricas. **Educação Matemática Pesquisa** Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática, São Paulo, v. 10, n. 1, 2008. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/1642>. Acesso em: 4 ago. 2022.

KLUBER, T. E. ; BURAK, D. **Modelagem Matemática: uma experiência concreta**. In: IV Conferência Nacional sobre Modelagem e Educação Matemática, 2005, Feira de Santana - BA. Conferência Nacional sobre Modelagem e Educação Matemática. Feira de Santana - BA: Uefs, 2005. Disponível em: <https://www.dionisioburak.com.br/artigos-eventos>. Acesso em: 11 ago. 2022.

KLUBER, T. E. ; BURAK, D. Modelagem Matemática: pontos que justificam sua utilização no ensino. In: IX ENEM - Encontro Nacional de Educação Matemática, 2007, Belo Horizonte, MG. **Anais [...]**. Belo Horizonte: UNI-BH, 2007, p. 1-19. Disponível em: <https://www.dionisioburak.com.br/artigos-eventos>. Acesso em: 11 ago. 2022.

LATOUR, B. **Jamais fomos modernos**: ensaio de antropologia simétrica. Rio de Janeiro: Ed. 34, 1994.

LATOUR, B. On recalling ANT. In: LAW, J.; HASSARD, J. **Actor-network theory and after**. Oxford: Blackwell Publishing, 1999. p. 15-25.

LATOUR, B **A Esperança de Pandora**. Bauru: EDUSC, 2001.

LATOUR, B. How to talk about the body? The normative dimension of sciences study. **Body & Society**, London, v. 10, n. 2-3, p. 205-229, 2002. Disponível em: <http://www.bruno-latour.fr/sites/default/files/77-BODY-NORMATIVE-BS-GB.pdf>. Artigos online de Bruno Latour, 2002. Acesso em: 10 ago. 2023.

LATOUR, B. **Reassembling the Social**: An Introduction to Actor-Network-Theory. New York: Oxford University Press, 2005.

LATOUR, B. Como prosseguir a tarefa de delinear associações? **Configurações**, [S. l.], n. 2, p. 11-27, 2006.

LATOUR, B. Networks, Societies, Spheres: Reflections of an Actor-Network Theorist. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON NETWORK THEORY NETWORK MULTIDIMENSIONALITY IN THE DIGITAL AGE, 2010, Los Angeles. **Anais [...]**. Los Angeles: Annenberg School for Communication and Journalism, 2010. p. 1-18.

LATOUR, B. **Ciência em ação**: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. São Paulo: Editora Unesp. 2011.

LATOUR, B. **Reagregando o social**: uma introdução à Teoria Ator-Rede. Salvador: EDUFBA; Bauru. São Paulo: EDUSC, 2012.

LATOUR, B. **Scientific Humanities**. [S. l.]: France Université Numerique, 2015. Disponível em: <https://www.france-universite-numerique-mooc.fr/courses/FUN/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

LATOUR, B. **Investigação sobre os modos de existência**: uma antropologia dos modernos. Petrópolis: Vozes, 2019.

LAW, J. **Notas sobre a Teoria do Ator-Rede**: ordenamento, estratégia e heterogeneidade. Tradução: Fernando Manso. Rio de Janeiro: Comum, 2006.

LAW, J. **Actor Network Theory and Material Semiotics**. [S. l.: s. n.], 2007. Disponível em: <http://www.heterogeneities.net/publications/Law2007ANTandMaterialSemiotics.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2023.

LEMOS, A. **A comunicação das coisas**: teoria ator – rede e cibercultura. São Paulo: Annablume, 2013.

LOPES, A. P. C.; PACHECO, J. V. P. Panorama das Pesquisas Brasileiras em Modelagem Matemática no Ensino Superior pela Perspectiva da Educação Matemática Crítica. **Alexandria**, Florianópolis, v. 16, n. 2, p. 181-212, nov. 2023. DOI: <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2023.e91386>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/91386>. Acesso em: 3 dez. 2023.

LUNA, A. V. A. **A modelagem matemática na formação continuada e a recontextualização pedagógica desse ambiente em salas de aula**. 2012. 184 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2012.

LUNA, A. V. de A.; BARBOSA, J. C. Modelagem matemática e os textos produzidos em um programa de formação continuada. **Zetetiké**, Campinas, v. 23, n. 44, p. 347-376, jul./dez. 2015.

MACOSPOL. **The MACOSPOL Platform**: final report. France: Community Research and Development Information Service, 2007.

MARIANO, M. **História da electricidade**. Lisboa: AP Edições: EDP Electricidade de Portugal, 1993.

MARINI, M.; BAILÃO, A. S. 2023. **Bruno Latour**. In: *ENCICLOPÉDIA DE ANTROPOLOGIA*. São Paulo: Departamento de Antropologia/Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://ea.fflch.usp.br/autor/bruno-latour>. Acesso em: 23 ago. 2023.

MARQUES, R. S. C. M.; KRAUTER, S.; LIMA, L. Energia solar fotovoltaica e perspectivas de autonomia energética para o Nordeste brasileiro. **Rev. Tecnol.**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 153-162, dez. 2009. Disponível em: <https://ojs.unifor.br/tec/article/view/1049/4494>. Acesso em: 28 fev. 2023.

MARRONE JUNIOR, J. **A dinâmica das controvérsias na transformação de um Projeto Pedagógico de Curso**: um estudo à luz da Teoria Ator-Rede. 2021. 226 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021. Disponível em: <https://pos.uel.br/pecem/teses-dissertacoes/a-dinamica-das-controversias-na-transformacao-de-um-projeto-pedagogico-de-curso-um-estudo-a-luz-da-teoria-ator-rede/>. Acesso em: 04 jul. 2024.

MARTINS, Gilberto de Andrade. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. São Paulo: Atlas, 2008, 277 p.

MEDEIROS, Z.; VENTURA, P. C. S. Cultura tecnológica e redes sociotécnicas: um estudo sobre o portal da rede municipal de ensino de São Paulo. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 63-75, jan./abr. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/TYz6PHxTgRZPcTskKsJknwJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 28 nov. 2022.

MELLO, G. N. Formação inicial de professores para a educação básica: uma (re)visão radical. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 98-110, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/spp/v14n1/9807.pdf>. Acesso em: 20 set. 2022.

MELO, M. F. A. Q. **Voando com a Pipa**: esboço para uma psicologia social do brinquedo à luz das ideias de Bruno Latour. 2006. 410 f. Tese (Doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://ufsj.edu.br/portal-repositorio/File/brinquedoteca/tese%20de%20doutorado-%20Queiroz.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2023.

MILANÊS, R. B. Seguindo as Redes de Bruno Latour: uma síntese da antropologia simétrica e da teoria do ator-rede. **Inter-legere**, Natal, v. 4, n. 31, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/interlegere/article/view/21470/14157>. Acesso em: 05 jul. 2022.

MOL, A. Actor-Network Theory: sensitive terms and enduring tensions. **Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie**, Amsterdam, v. 50, n. 1, p. 253-269, 2010. Disponível

MONTEIRO, A. **O ensino de Matemática para Adultos através do Método Modelagem Matemática**. 1991. 310 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1991.

MONTEIRO, Silvana Drumond; VIGNOLE, Richele Grengé; ALMEIDA, Carlos Cândido de. **O Pós-humano como Paradigma Emergente na Ciência da Informação**. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/ies/article/view/54017/32714>. Acesso em: 04 jul. 2022.

MORAN, E. F.; LOPEZ, M. C.; MOORE, N.; MULLER, N.; HYNDMAN, D. W. Sustainable hydropower in the 21st century. **PNAS**, [S. l.], v. 115, n. 47, p. 11891-11898, nov. 2018. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/pdf/10.1073/pnas.1809426115>. Acesso em: 10 set. 2022.

MUSEU WEG. **A Beleza dos números: matemática e simetria na natureza**. In: MUSEU WEG. [S. l.], ago. 2022. Disponível em: <https://museuweg.net/blog/a-beleza-dos-numeros-matematica-e-simetria-na-natureza/>. Acesso em: 23 ago. 2023.

NEOSOLAR. **Sistemas de energia solar fotovoltaica e seus componentes**. São Paulo: Neosolar, 2023. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>. Acesso em: 18 fev. 2024.

NOBRE, J. C. A.; PEDRO, R. M. L. R. Reflexões sobre possibilidades metodológicas da Teoria Ator-Rede. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, v. 5, n. 14, p. 47-56, dez. 2017. Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/1018>. Acesso em: 28 nov. 2022.

NÓVOA, A. Os professores e as histórias da sua vida. In: NÓVOA, A. (org.). **Vidas de Professores**. 2.ed. Lisboa: Porto Editora, 1995. p. 11-30.

NUNES, A. S. **Curso de Formação Continuada em Modelagem Matemática para professores da Educação Básica**. 2019. 77 f. Produção Técnica Educacional (Mestrado Profissional em Ensino) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Cornélio Procópio, 2019. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/434044/2/CURSO%20DE%20FORMA%C3%87%C3%83O%20CONTINUADA%20EM%20MODELAGEM%20MATEM%C3%81TICA%20PARA%20PROFESSORES%20DA%20EDUCA%C3%87%C3%83O%20B%C3%81SICA.pdf>. Acesso em: 8 jun. 2022.

OLIVEIRA, D. de; BURAK, D.; MARTINS, M. A. Modelagem no Ensino de Matemática: primeiros relatos de um estudo de caso com estudantes cegos. **Perspectivas da Educação Matemática**, Campo Grande, v. 13, n. 31, p. 1-18, 30 abr. 2020. Disponível em: <http://eventos.sbem.com.br/index.php/cnmem/2019/paper/viewFile/161/885>. Acesso em: 14 jul. 2023.

OLIVEIRA JÚNIOR, F. G. de; ROSA, C. C. DA. Estímulos para o Processo de Aprendizagem: aproximação entre as pesquisas de Neurociências e as de Modelagem Matemática. **Perspectivas da Educação Matemática**, Campo Grande, v. 13, n. 32, p. 1-26, 20 jul. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/9066>. Acesso em: 14 jul. 2023.

OLIVEIRA, K. E. de J.; PORTO, C. de M. O lugar dos objetos técnicos na educação. In: OLIVEIRA, K. E. de J.; PORTO, C. de M. **Educação e teoria ator-rede: fluxos heterogêneos e conexões híbridas**. Ilhéus: Editus, 2016.

OLIVEIRA, L. A. R. N. **Modelagem Matemática articulada à Teoria Ator-Rede em uma casa de farinha em Breves-PA**. 2022. 95 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemáticas) – Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2022. Disponível em: <http://repositorio.ufpa.br:8080/jspui/handle/2011/14893>. Acesso em: 10 dez. 2022.

OLIVEIRA, L. A. R. N.; SOUZA, E. G. Modelagem Matemática Crítica-Ética-Simétrica: uma perspectiva em construção. In: CONFERÊNCIA NACIONAL SOBRE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 11., 2019, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte: Sbem, 2019. Disponível em: <http://eventos.sbem.com.br/index.php/cnmem/2019/paper/viewFile/161/885>. Acesso em: 14 dez. 2022.

OLIVEIRA, W. P. A perspectiva formativa em modelagem matemática: um novo terreno para a pesquisa brasileira. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 1-15, 2023. DOI: 10.26843/rencima.v14n2a09. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/rencima/article/view/3973>. Acesso em: 22 jul. 2024.

OMODEI, L. B. C.; ALMEIDA, L. M. W. Formação do Professor em Modelagem Matemática: da aprendizagem para o ensino. **REVEMAT**, Florianópolis, ed. esp., p. 1-24, jan./dez. 2022. ISSN: 1981-1322. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/82597/48514>. Acesso em: 12 dez. 2022.

ONS. **Relatório de Análise de Perturbação (RAP) n° 00012/2023**. Rio de Janeiro: ONS, 2023. Disponível em: https://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/RAP%202023.08.15%2008h30min%20vers%c3%a3o%20final%20com%20anexos%20de%20diverg%c3%aancia_Final.pdf. Acesso em: 20 mar. 2024.

PEREIRA, D. C.; Boechat, M. P. Apenas siga as mediações: desafios da Cartografia de Controvérsias entre a Teoria Ator-Rede e as mídias digitais. **Contemporânea: Comunicação e Cultura**, Salvador, v. 12, n. 3, p. 556-575, set./dez. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/contemporaneaposcom/article/view/12305/9373>. Acesso em: 16 dez. 2022.

PESSOA, T. C.; SILVA, K. A. P. DA. Recursos Semióticos em uma Atividade de Modelagem Matemática Integrada à Educação STEAM. **Perspectivas da Educação Matemática**, Campo Grande, v. 16, n. 43, p. 1-21, 29 ago. 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/18111>. Acesso em: 3 jul. 2022.

PORTAL G1. Energia solar em 2023: Expectativas para o segmento. **Portal G1**, [S. l.], 24 mar. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/especial-publicitario/top-sun/top-sun-energia-solar/noticia/2023/03/24/energia-solar-em-2023-expectativas-para-o-segmento.ghtml>. Acesso em: 30 mar. 2023.

PORTAL SOLAR. **História e origem da Energia Solar**. In: PORTAL SOLAR. São Paulo, 15 set. 2020. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/materias/historia-e-origem-da-energia-solar>. Acesso em: 28 nov. 2023.

PORTAL SOLAR. **Conheça a telha solar fotovoltaica**. In: PORTAL SOLAR. São Paulo, 2023a. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/conheca-telha-solar-fotovoltaica>. Acesso em: 5 maio 2024.

PORTAL SOLAR. **Quanto tempo duram os painéis solares?** In: PORTAL SOLAR. São Paulo, 2023b. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/quanto-tempo-duram-os-painéis-solares>. Acesso em: 20 fev. 2023.

PRAUDE, C. C. **Teoria Ator-Rede e Arte**. [S. l.: s. n., 20--]. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/779/o/CarlosPraude_15Art.pdf. Acesso em: 16 dez. 2022.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QUEIROZ E MELO, M. F. A. Seguindo as Pipas com a Metodologia da TAR. **Revista do Departamento de Psicologia**, Niterói, v. 19, n. 1, p. 169-186, jan./jun. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rdpsi/a/rZPTJ5SSRbS3dsv3Rmyj4nH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 04 jul. 2022.

QUEIROZ E MELO, M. F. A. Discutindo a aprendizagem sob a perspectiva da teoria ator-rede. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 39, p. 177-190, jan./abr. 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/educar/article/view/14548/14119>. Acesso em: 04 jul. 2022.

QUEIROZ E MELO, M. F. A.; MORAES, M. A técnica como modo de existência: um diálogo entre as ideias de Latour e Simondon. **Memorandum**, Belo Horizonte, v. 31, p. 276-297, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/memorandum/article/view/6440/4027>. Acesso em: 29 nov. 2022.

RAMÍREZ MONTES, G. E. Tarefas de Modelagem Matemática na Mobilização de Sistemas Lineares de Equações: o Caso dos Fluxos de Água. **Perspectivas da Educação Matemática**, Campo Grande, v. 16, n. 42, p. 1-20, 30 maio 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/18165>. Acesso em: 4 jul. 2022.

RAMOS, D. C.; ALMEIDA, L. M. W. Interpretação Semiótica em Atividades de Modelagem Matemática. – **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, v. 35, n. 71, p. 1391-1415, dez. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/rv93pxxmbFRMMskTX4DMhrt/#>. Acesso em: 18 jul. 2023.

REPORTAGEM do Jornal da Band. **Geração de energia solar cresce no Brasil**. [S. l.: s. n.], 2022. 1 vídeo (1m53s). Publicado pelo canal Band Jornalismo. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=2ZvHiDkhEbA>. Acesso em: 18 fev. 2024.

RESENDE, I. Favelas cariocas ganham a primeira cooperativa de energia solar do Brasil. **CNN Brasil**, Rio de Janeiro, 18 out. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/favelas-cariocas-ganham-a-primeira-cooperativa-de-energia-solar-do-brasil/>. Acesso em: 20 fev. 2024.

RIBEIRO, P. T. de C.; LIMA, M. R. de. Teoria ator-rede e educação: uma revisão sistemática. **Educação em Foco**, [S. l.], v. 27, n. 1, p. 27043, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/edufoco/article/view/37321>. Acesso em: 28 nov. 2023.

RIOS, H. S. **Análise da variação de atividade em empreendimentos de geração fotovoltaica frente às mudanças de regulamentação**. 2019. 183 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/2138?show=full>. Acesso em: 2 maio 2024.

RODRIGUES, A. K.; ALEIXO, R. Taxa solar: veja o que muda para o consumidor com as novas regras sobre a geração própria de energia. **Portal G1**, Macapá, 16 jan. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/2023/01/16/taxa-solar-veja-o-que-muda-para-o->

consumidor-com-as-novas-regras-sobre-a-geracao-propria-de-energia.ghtml. Acesso em: 30 nov. 2022.

SALGADO, T. B. P. **Fundamentos pragmáticos da teoria ator-rede para análise de ações comunicacionais em redes sociais online**. 2018. 292 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-B2QM2U>. Acesso em: 10 dez. 2022.

SALGADO, T. B. P. Surpreendidos pela ação – mediação pelas Sociedades Pragmáticas Francesas. **Ação Midiática**, Curitiba, jul./dez. 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/acaomidiatica/article/view/66781/39354>. Acesso em: 18 maio 2023.

SANTAELLA, L.; CARDOSO, T. O desconcertante conceito de mediação técnica em Bruno Latour. **Matrizes**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 167–185, 2015. Disponível em: <https://revistas.usp.br/matrizes/article/view/100679>. Acesso em: 04 jul. 2022.

SANTANA, F. C. M. *Formação-continuada* em modelagem matemática na modalidade remota: associações entre humanos e não humanos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2021, Uberlândia. **Anais [...]**. Uberlândia: UFU, 2021. p. 1496-1510.

SANTANA, F. C. M. *Formação-continuada* em Modelagem Matemática na modalidade remota: a rede e o fenômeno da hibridização. **Revista Eletrônica de Educação**, São Carlos, v. 17, 2023. Disponível em: <https://www.reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/view/6251>. Acesso em: 14 dez. 2023.

SCHEFFER, N. F.; CAMPAGNOLLO, A. J. Modelagem matemática: uma alternativa para ensino-aprendizagem da matemática no meio rural. **Zetetiké**, Campinas, v. 6, n. 10, jul./dez. 1998.

SELGAS, F. J. G. Posthumanismo(s) y ciencias sociales: una introducción. **Política e Sociedad**, [S. l.], v. 45, n. 3, p. 7-15, 2008.

SIBILIA, P. **Redes ou paredes**: a escola em tempos de dispersão. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012.

SILVA, J. N. D. **As Discussões Técnicas num Ambiente de Modelagem Matemática**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador; Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/16024/1/Jonson%20Ney%20Dias%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 4 maio 2022.

SILVA, K. A. P.; BORSSOI, A. H.; DALTO, J. O. Em direção à matematização em atividades de modelagem matemática: intervenções mediadas pela avaliação em fases. **Revista Paraense de Educação Matemática**, Campo Mourão, v. 10, n. 23, p. 237-262, set./dez. 2021. Disponível em:

<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/30252/1/modelagemmatematicaavaliacaofases.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2022.

SILVA, P.; BARBOSA, J. C. Das redes sociotécnicas à cartografia de controvérsias na educação. *In: CIET:ENPED*, 2018, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: UFSCar, 2018. Disponível em: <https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2018/article/view/244>. Acesso em: 18 maio 2023.

SILVA, Z. C. G; OLIVEIRA, M. Há uma ciência da informação interdisciplinar por natureza? Entrando na rede por meio da cartografia de controvérsias. **Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação e Biblioteconomia**, João Pessoa, v. 13, p. 229-240, 2018. Disponível em: <https://brapci.inf.br/index.php/res/download/106838>. Acesso em: 6 jul. 2022.

SINPOSBA. Por que o Brasil está a um passo do apagão? *In: SINPOSBA*. Salvador, 30 ago. 2021. Disponível em: <https://www.sinposba.org.br/index.php/2021/08/30/por-que-o-brasil-esta-a-um-passo-do-apagao/>. Acesso em: 20 fev. 2024

SKOVSMOSE, O. Reflective knowledge: its relation to the mathematical modelling process. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, [S. l.], v. 21, n. 5, p. 765-779, 1990.

SOFTLINE. **Soluções de TI para negócios**. *In: SOFTLINE*. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://brasil.softlinegroup.com/solucoes/produtos-microsoft/microsoft-teams>. Acesso em: 28 fev. 2022.

SOLAR, H.; ORTIZ, A.; ARAVENA, M.; GOIZUETA, M. Relaciones entre la argumentación y la modelación en el aula de matemáticas. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, v. 37, n. 76, p. 500-531, ago. 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/8vfCG84d5kqdJp3KsTnsFmn/>. Acesso em: 15 jul. 2023.

SOUZA, E. G. **Aprendizagem Matemática na Modelagem Matemática**. 2012. 143 f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador; Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2012. Disponível em: https://ppgefhc.ufba.br/sites/ppgefhc.ufba.br/files/tese_elizabeth_souza.pdf. Acesso em: 22 jun. 2024.

SOUZA, E. G.; BARBOSA, J. C. A aprendizagem de regras do sistema matemático escolar na modelagem matemática. **Relime: Revista latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa**, Ciudad de México, v. 22, n. 1, fev. 2019. Disponível em: <https://relime.org/index.php/repositorio/2019r/2019a/2019ap/485-201902a/file>. Acesso em: 10 dez. 2022.

STEIN, M. H.; SMITH, M. S. Tarefas como quadro para reflexão. Tradução: alunos do mestrado em Educação e Matemática. Revisão: João Pedro Ponte e Joana Brocardo. **Educação e Matemática**, Lisboa, n. 105, p. 22-28, nov./dez. 2009.

STRUM, S. C.; LATOUR, B. Redefining the social link: from baboons to humans. **Social Science Information**, v. 26, n. 4, p. 783-802, dez. 1987. Disponível em: <http://www.brunolatur.fr/sites/default/files/30-STRUM-LATOUR-SOCIAL-GB.pdf>. Acesso em: 29 maio 2022.

TERRADAS, R. D. A Importância da Interdisciplinaridade na Educação Matemática. **Revista da Faculdade de Educação**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 95-114, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/ppgedu/article/view/3901>. Acesso em: 25 nov. 2022.

TORRES, R. C. **Energia Solar Fotovoltaica como Fonte Alternativa de Geração de Energia Elétrica em Edificações Residenciais**. 2012. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2012. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18147/tde18032013091511/publico/dissertacao_final_rct.pdf. Acesso em: 10 abr. 2023.

TORTOLA, E.; SILVA, K. A. P.; DALTO, J. O. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, v. 37, n. 75, p. 168-193, abr. 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/Dkfc47JqjTHV8g3QXXDgLwd/>. Acesso em: 15 jul. 2023.

VENANCIO, B.; VIANA, G. M.; SILVA, F. A. R. Seguindo o rastro do tempo: Um estudo ator-rede de performances de práticas de ensino de licenciandos em ciências biológicas. **ACTIO: Docência em Ciências**, Curitiba, v. 5, n. 3, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3895/actio.v5n3.11915>. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/view/11915>. Acesso em: 12 fev. 2024.

VENTURINI, T. Diving in magma: How to explore controversies with actor-network theory. **Public Understanding of Science**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 258-273, 2010. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0963662509102694>. Acesso em: 09 out. 2022.

VENTURINI, T; MUNK, Anders; JACOMY, Mathieu. **Ator-rede versus Análise de Redes versus Redes Digitais: falamos das mesmas redes?** Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gal/a/nFwx684PBntJD3kqvzQMPfj/?lang=pt>. Acesso em: 09 out. 2022.

VILLARREAL, M. E.; MINA, M. Actividades Experimentales con Tecnologías en Escenarios de Modelización Matemática. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, v. 34, n. 67, p. 786-824, ago. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bolema/a/HYpsyDtHbLxpHGmKp8x53fw/abstract/?lang=es>. Acesso em: 9 jul. 2023.

WALBERT, A. Impactos socioambientais de hidrelétricas na Amazônia são ignorados, aponta estudo. **Portal EBC**, [S. l.], dez. 2012. Disponível em: <https://memoria.ebc.com.br/noticias/meio-ambiente/2012/12/impactos-socioambientais-de-hidreletricas-na-amazonia-sao-ignorados>. Acesso em: 15 nov. 2022.

WEDY, G. J. T. Breves notas sobre a energia solar e tributação nos EUA. **O Conjur**, São Paulo, 6 mar. 2021. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2021-mar-06/ambiente-juridico-breves-notas-energia-solar-tributacao-eua>. Acesso em: 2 set. 2023.

WIENER, N. **Cibernética ou controle e comunicação no animal e na máquina**. Tradução: Gita K. Ghinzberg. São Paulo: Polígono; EDUSP, 1970.

WILLIAMS, J. **Pós-Estruturalismo**. Tradução: Caio Liudvik. 2. ed. Petrópolis: Ed. Vozes, 2013. (Pensamento Moderno).

APÊNDICE – Tarefa de Modelagem

TAREFA

Energia solar caminha para ser a segunda maior fonte do Brasil; saiba o que isso representa.

A fonte deve ultrapassar a eólica ainda neste ano na matriz elétrica brasileira. E mais: projetos em telhados de casas e comércios já geram mais que Itaipu (Exame, 2024). Por meio da Figura 38, podemos ver painéis solares sobre as residências gerando energia.

Figura 38 – Energia solar instalada em telhados de casas



Fonte: Exame (2023)

Segundo informações da Revista Exame (2023), a matriz elétrica brasileira é 200 gigawatts (GW) de capacidade instalada. As hidrelétricas são responsáveis pela maior parte dessa produção e somam um volume em torno de 110 GW. Na sequência, a fonte eólica está em segundo lugar, totalizando 22,3 GW. Já a energia solar fotovoltaica, a terceira colocada, conta com mais de 20,2 GW de capacidade instalada. Até o final do ano, há uma grande possibilidade de que a matriz solar fotovoltaica ultrapasse a fonte eólica, segundo especialistas da associação.

De acordo com boletim de julho do Ministério de Minas e Energia (MME), as fontes renováveis deverão aumentar sua participação na matriz, e a capacidade instalada de geração distribuída cresceu e continua em destaque, com tendência de aumento de mais de 80% em 2022, em relação a 2021. A participação da fonte solar fotovoltaica na oferta interna de energia elétrica do Brasil deve aumentar de 2,5% para 4,1% em 2022, indica o boletim de energia, publicado em 10 de outubro.

Segundo a Absolar (2023), o Brasil se beneficia dessa transição energética por ser um país com uma grande quantidade de radiação solar, o que facilita o uso da matriz solar. Entre

os motivos que justificam o crescimento da fonte, estão: a melhoria tecnológica, a evolução do mercado energético no Brasil e a competitividade da matriz solar. Além disso, cada vez mais, os países buscam fontes renováveis para a utilização energética; e a fonte solar se mostra como uma alternativa, pois não emite carbono (CO₂) e tem baixos impactos ambientais. Márcio Takata, conselheiro da Absolar, afirma:

Além da forte ampliação que vem se estruturando para oferecer uma solução eficiente e um ambiente bastante competitivo no mercado, que vem contribuindo para que a energia solar seja competitiva para o consumidor final, nós tivemos a ampliação tanto das usinas solares e, mais recentemente, uma forte aceleração do mercado (Exame, 2023).

A geração distribuída com energia solar, inclusive, ultrapassou a marca de 14 GW de potência instalada em residências, comércios, produtores rurais e prédios públicos. Essa capacidade já é maior do que a da Usina de Itaipu, a maior hidrelétrica do país. Atualmente, o Brasil tem mais de 1,3 milhão de sistemas solares fotovoltaicos conectados à rede, trazendo economia e sustentabilidade ambiental para mais de 1,7 milhão de unidades consumidoras. Desde 2012, foram mais de R\$76,7 bilhões em novos investimentos, que geraram mais de 420 mil empregos acumulados no período.

Quanto tempo duram os painéis solares?

Para a maioria das pessoas, instalar painéis fotovoltaicos em nossas casas ou empresas não é apenas uma questão de ser sustentável e ajudar a reduzir a poluição e as emissões de gases de efeito estufa, mas é também uma questão financeira (queremos reduzir o valor de nossa conta de luz). Assim, entendemos que instalar placas solares não é tão caro. Então, agora, a pergunta deixa de ser em relação ao custo e passa ser uma pergunta de vida útil. Ou seja, quanto mais seu painel solar durar mais vale seu investimento. A garantia padrão de eficiência de um painel solar (desempenho) é de 25 anos, funcionando com 80% de seu desempenho original. Isso é um padrão usado no mundo todo.

O principal responsável por degradar seus painéis é o mesmo que faz eles produzirem energia elétrica: a luz solar. O Sol, com o tempo, por diversas razões, enfraquece as ligações químicas que fazem a célula solar funcionar. A maioria dos painéis solares que você vê em casas, empresas ou em uma usina solar são compostos por células fotovoltaicas de silício, e, como todas as outras coisas, eles começam a se desgastar quando expostos continuamente ao sol.

Sobre a perda de eficiência de um painel solar por ano, esse cálculo não é simples,

porém, de maneira geral, eles tendem a perder até 3% no primeiro ano e depois em média de 0,7% ao ano. Um dos painéis mais antigos em funcionamento possui 60 anos de idade. Um painel fabricado em 1980, por exemplo, geralmente ainda tem 50% da capacidade de produção de energia que ele tinha há 35 anos. Levando em consideração a tecnologia de hoje em dia, é razoável assumir que um painel solar de boa qualidade fabricado hoje dure 50 anos com 60% de sua capacidade de produzir energia elétrica

SITUAÇÃO-PROBLEMA

Levando em consideração a reportagem, os dados do texto acima e possíveis associações (Coelba, conta de energia, água, usinas hidroelétricas, sol, placas, geração de energia, meio ambiente, conceitos matemáticos...), *como é possível estimar o aumento da energia fotovoltaica no decorrer dos próximos 25 anos?*

Para responder a essa pergunta, sugerimos algumas questões iniciais:

- a) Como é possível representar a quantidade de geração de energia solar ao longo do tempo (tempo útil), considerando a eficiência dos painéis solares? Como você representaria o aumento da geração ao longo de 5, 10, 15, 20 e 25 anos?
- b) De acordo com os dados obtidos, a partir de quanto tempo, em média, ocorre o retorno do investimento em um sistema de energia solar fotovoltaico (*payback*)? Apresente uma simulação utilizando conceitos matemáticos.
- c) Analisando o consumo de energia elétrica em sua residência, quais as vantagens e desvantagens da geração da energia solar fotovoltaica? É viável para as famílias a instalação da energia solar fotovoltaica? Justifique com base em conceitos matemáticos.
- d) Considerando a média de duração em anos de um painel solar de 550 Wp, qual a capacidade de geração em kwh desse mesmo painel com o passar de 50 anos?
- e) Com base em pesquisas atuais, quais as taxas do financiamento de energia solar? É possível reduzi-las para obter economia? Justifique matematicamente.