



Universidade de Brasília – UnB
Faculdade de Educação – FE
Programa de Pós-Graduação em Educação – PPGE

TESE DE DOUTORADO

**CONCEPÇÕES E PRÁTICAS ACERCA DA CRIATIVIDADE EM MATEMÁTICA:
movimentos na formação de um grupo de estudantes de licenciatura em Matemática**

LINEU DA COSTA ARAÚJO NETO

Brasília – DF
2022



Universidade de Brasília – UnB
Faculdade de Educação – FE
Programa de Pós-Graduação em Educação – PPGE

LINEU DA COSTA ARAÚJO NETO

**CONCEPÇÕES E PRÁTICAS ACERCA DA CRIATIVIDADE EM MATEMÁTICA:
movimentos na formação de um grupo de estudantes de licenciatura em Matemática**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade de Brasília como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Educação na linha de pesquisa Educação em Ciências e Matemática

Orientador: Prof. Dr. Cleyton Hércules Gontijo

Brasília – DF
2022

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

AA663c Araújo Neto, Lineu da Costa
Concepções e práticas acerca da criatividade em Matemática:
movimentos na formação de um grupo de estudantes de
licenciatura em Matemática / Lineu da Costa Araújo Neto;
orientador Cleyton Hércules Gontijo. -- Brasília, 2022.
202 p.

Tese (Doutorado - Doutorado em Educação) -- Universidade
de Brasília, 2022.

1. Conhecimentos Docentes. 2. Criatividade em Matemática.
3. Ensino de Funções. 4. Formação Inicial de Professores de
Matemática. 5. Pensamento Crítico e Criativo em Matemática. I.
Gontijo, Cleyton Hércules, orient. II. Título.

TESE DE DOUTORADO

**CONCEPÇÕES E PRÁTICAS ACERCA DA CRIATIVIDADE EM MATEMÁTICA:
movimentos na formação de um grupo de estudantes de licenciatura em Matemática**

LINEU DA COSTA ARAÚJO NETO

BANCA EXAMINADORA

**Prof. Dr. Cleyton Hércules Gontijo – Orientador
Universidade de Brasília – UnB**

**Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Membro
Universidade do Estado da Bahia – Uneb**

**Prof. Dr. Mateus Gianni Fonseca – Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília – IFB**

**Profa. Dra. Regina da Silva Pina Neves – Membro
Universidade de Brasília – UnB**

**Prof. Dr. Wesley Well Vicente Bezerra – Suplente
Universidade de Brasília – UnB**

Brasília, 21 de março de 2022

A Gizelli e Sophie, amores da minha vida.

A Lineu Filho e Têmis Barreto, eternas
inspirações.

AGRADECIMENTOS

A Deus e à Nossa Senhora de Guadalupe, pela proteção ao longo de toda esta caminhada.

À minha linda esposa Gizelli, pelo companheirismo, pelo carinho e pelo apoio inestimável durante todo o processo de realização deste sonho. Obrigado por cuidar tão bem de mim e de nossa filha enquanto eu me dedicava à escrita desta tese. Indubitavelmente, você foi o alicerce que me sustentou até aqui e que permitiu chegar tão longe. Eu te amo, minha Hello Kitty!

À minha linda filha Sophie, nascida em maio de 2017, durante o processo seletivo do Doutorado, pela oportunidade de ter me escolhido para ser seu pai. Você foi o refúgio onde encontrava paz, alegria e tranquilidade quando precisava me desligar das obrigações acadêmicas. Brincar com você, cantar com você, desenhar com você, acompanhar o seu crescimento e a sua evolução ao longo destes 4 anos, tudo isso me permitiu exercer a paternidade de uma forma leve, criativa, lúdica e prazerosa. Obrigado pelo seu sorriso infantil e espontâneo, o qual me deu forças para seguir sempre em frente. Eu te amo, minha princesinha!

Aos meus pais Lineu Filho e Têmis Barreto, pelo dom da vida, pelo carinho, pelo exemplo de humildade e integridade e pelo incentivo ao longo de minha vida, apesar das armadilhas do destino. Obrigado pelo legado moral, profissional e intelectual que vocês deixaram a seus três filhos e três netos. Todos nós da família Costa Araújo temos muito orgulho de vocês.

A todos os familiares e amigos, pela presença nesta importante etapa de minha carreira acadêmica.

Ao meu orientador Cleyton Hércules Gontijo, pelos conhecimentos compartilhados durante o Doutorado, pela orientação na elaboração desta tese e por ter me introduzido no fascinante mundo da criatividade em Matemática. Obrigado pela paciência, pelo encorajamento e pela sabedoria de conduzir todo este processo de forma serena e tranquila, permitindo que eu superasse minhas inseguranças e meus temores no meu tempo. Você é um grande exemplo de professor, pesquisador e educador matemático.

Aos professores Mateus Gianni Fonseca, Regina da Silva Pina Neves e Américo Júnior Nunes da Silva, pela participação na banca examinadora desta pesquisa, pelas críticas construtivas e pelas valiosas contribuições dadas à redação final deste trabalho.

À professora Shirleide Pereira da Silva Cruz, pela participação na banca de qualificação do projeto de pesquisa que originou esta tese.

Aos alunos que participaram da pesquisa que originou esta tese, pela disponibilidade e pela colaboração durante todo o percurso investigativo.

Aos professores e colegas do PPGE/FE/UnB, pelos momentos privilegiados de aprendizagem durante o Doutorado.

Aos colegas de profissão do MAT/UnB, pela amizade e pela competência na nobre tarefa de fazer e ensinar Matemática.

Aos colegas dos grupos de pesquisa Giem/UnB e PI/UnB, pelos ricos momentos de compartilhamento de conhecimento nos seminários, *workshops* e oficinas da área de Educação Matemática ao longo dos últimos anos.

Aos meus alunos, pela oportunidade de compartilhar ensinamentos ao longo destes 24 anos de docência.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

And in the end
The love you take
Is equal to
The love you make
(Paul McCartney)

RESUMO

Diante das novas demandas de nossa sociedade no século XXI, cada vez mais complexa, dinâmica e tecnológica, o papel do sistema educacional e, em particular, do professor deve ser estimular o desenvolvimento do potencial criativo de seus alunos em busca de soluções inovadoras para os problemas que a vida lhes impõe. Nesse contexto, é importante que, durante a sua formação inicial, os futuros professores tenham contato com um conhecimento especializado em criatividade de modo a subsidiar a sua prática pedagógica em sala de aula no futuro. Considerando tais aspectos, o presente trabalho buscou investigar as potencialidades didático-pedagógicas de uma disciplina do 7º semestre do curso de licenciatura em Matemática de uma universidade pública do Distrito Federal durante o 1º semestre letivo de 2020 no processo formativo de 28 futuros professores de Matemática acerca de conhecimentos e concepções de criatividade em Matemática e suas aplicações em práticas pedagógicas para o ensino do conteúdo de funções. O objetivo dessa disciplina era fornecer aos licenciandos uma formação especializada sobre conhecimentos pedagógicos voltados à criatividade que lhes permitisse desenvolver estratégias de ensino acerca do conteúdo de funções por meio de um modelo de oficinas de estímulo ao pensamento crítico e criativo em Matemática proposto por Gontijo (2020) e de problemas contextualizados e interdisciplinares segundo uma matriz de estrutura de continuidade de problemas proposta por Schiever e Maker (2003). Para atingir tal meta, foram traçadas as seguintes questões norteadoras: (a) Que conhecimentos e concepções acerca da criatividade em Matemática são evidenciados por futuros professores após cursarem tal disciplina? (b) Que conhecimentos e práticas pedagógicas para o ensino do conteúdo de funções são evidenciados por tais licenciandos após essa disciplina? (c) Que contribuições uma abordagem de ensino baseada em técnicas de criatividade associadas a problemas contextualizados e interdisciplinares pode proporcionar ao processo formativo desses licenciandos? No intuito de responder a essas perguntas, foi desenvolvida uma pesquisa de natureza qualitativa por meio de uma abordagem fenomenológica-hermenêutica. A parte metodológica adotada na pesquisa foi dividida em duas fases. Inicialmente foi realizada uma ampla revisão da literatura disponível a partir de uma análise documental das diretrizes que norteiam a Base Nacional Comum Curricular, o Currículo em Movimento da Educação Básica do Distrito Federal e a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica e de uma pesquisa bibliográfica de artigos, dissertações e teses correlatos às temáticas de funções, formação de professores, conhecimentos docentes para o ensino da Matemática, criatividade, criatividade em Matemática e resolução de problemas. Em um

segundo momento, foi desenvolvida uma pesquisa de campo com os licenciandos, na modalidade de ensino remoto, na qual foram utilizados os seguintes instrumentos: (a) questionários por meio de formulários eletrônicos; (b) gravações de videoaulas síncronas; e (c) registros escritos produzidos pelos estudantes na forma de roteiros de oficinas para o ensino de funções. Os dados coletados foram submetidos à técnica de Análise de Conteúdo na perspectiva de Laurence Bardin e dela emergiram as seguintes categorias: (a) concepções prévias de criatividade; (b) características de alunos criativos; (c) características de professores criativos; (d) as aulas de Matemática; (e) a formação inicial na licenciatura em Matemática; (f) conhecimentos docentes mobilizados pelos licenciandos e pelo pesquisador; (g) representações de funções; (h) características do pensamento criativo; (i) abordagens didático-metodológicas para o ensino de funções; e (j) conhecimentos docentes mobilizados nas aulas e nas oficinas. Os resultados obtidos permitiram concluir que o processo formativo baseado em técnicas de criatividade, com problemas contextualizados e interdisciplinares, durante a formação inicial, pode transformar as concepções e práticas pedagógicas de futuros professores de Matemática no âmbito da criatividade em Matemática e favorecer o processo de ensino e aprendizagem do conteúdo de funções.

Palavras-chave: Conhecimentos docentes. Criatividade em Matemática. Ensino de Funções. Formação Inicial de Professores de Matemática. Pensamento Crítico e Criativo em Matemática.

ABSTRACT

Faced with the new demands of our society in the 21st century, which is increasingly complex, dynamic and technological, the role of the educational system and, in particular, of the teacher must be to stimulate the development of the creative potential of their students in search of innovative solutions for the problems that life imposes on them. In this context, it is important that, during their initial teacher training, prospective teachers have contact with specialized knowledge in creativity in order to support their pedagogical practice in the classroom in the future. Considering these aspects, the present work aimed to investigate the didactic-pedagogical potential of a subject of the seventh semester of the mathematics degree course at a public university of the Federal District during the first semester of 2020 in the training process of twenty-eight prospective mathematics teachers about the knowledge and conceptions of creativity in Mathematics and their applications in pedagogical practices for teaching the content of functions. The purpose of this course was to provide undergraduates with specialized training on pedagogical knowledge aimed at creativity that would allow them to develop teaching strategies about the content of functions through a model of workshops to stimulate critical and creative thinking in Mathematics proposed by Gontijo (2020) and contextualized and interdisciplinary problems according to a problem continuity structure matrix proposed by Schiever and Maker (2003). To achieve this goal, the following guiding questions were outlined: (a) What knowledge and conceptions about creativity in Mathematics are evidenced by prospective teachers after studying this subject? (b) What knowledge and pedagogical practices for teaching the content of functions are evidenced by such graduates after this course? (c) What contributions can a teaching approach based on creativity techniques associated with contextualized and interdisciplinary problems provide to the training process of these undergraduates? In order to answer these questions, a qualitative research was developed through a phenomenological-hermeneutic approach. The methodological part adopted in the research was divided into two phases. Initially, an extensive review of the available literature was carried out based on a documentary analysis of the guidelines that guide the National Common Curricular Base, the Curriculum in Motion of the Basic Education of the Federal District and the Common National Base for the Initial Teacher Training of the Basic Education and from a bibliographic research of papers, dissertations and theses related to the themes of functions, teacher training, knowledge for Mathematics teaching, creativity, creativity in Mathematics and problem solving. In a second moment, a field research was conducted with these undergraduates, in the form of remote teaching, in which the following instruments were

used: (a) questionnaires through electronic forms; (b) recordings of synchronous video lessons; and (c) written records produced by the students in the form of workshop scripts for teaching the content of functions. The collected data were submitted to the Content Analysis technique from Laurence Bardin's perspective, and the following categories emerged from it: (a) previous conceptions of creativity; (b) characteristics of creative students; (c) characteristics of creative teachers; (d) Mathematics classes; (e) initial training in the Mathematics degree course; (f) teaching knowledge mobilized by the undergraduates and the researcher; (g) representations of functions; (h) characteristics of creative thinking; (i) didactic-methodological approaches to teaching functions; and (j) teaching knowledge mobilized in classes and workshops. The results obtained allowed us to conclude that the training process based on creativity techniques, with contextualized and interdisciplinary problems, during the initial teacher training, can transform the conceptions and pedagogical practices of prospective mathematics teachers in the context of creativity in Mathematics and favor the teaching and learning process of the content of functions.

Keywords: Teaching Knowledge. Creativity in Mathematics. Functions Teaching. Initial Mathematics Teacher Training. Critical and Creative Thinking in Mathematics.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Desempenho do Brasil em Matemática no Pisa	32
Quadro 2- Resultados para a busca “Criatividade e Matemática” na plataforma BDTD	41
Quadro 3 – Resultados para a busca “Criatividade e Matemática” no portal da Capes	46
Quadro 4 – Principais funções estudadas no ensino médio.....	56
Quadro 5 – Habilidades associadas ao conteúdo de funções na BNCC.....	57
Quadro 6 – Atividades desenvolvidas nos encontros síncronos.....	95
Quadro 7 – Oficinas de pensamento crítico e criativo acerca do conteúdo de funções	97
Quadro 8 – Disciplinas escolares propícias para a manifestação da criatividade	106
Quadro 9 – Fatores promotores e inibidores da criatividade nas aulas de Matemática.....	110
Quadro 10 – Fases das oficinas no planejamento dos estudantes	127

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema ilustrativo do modelo MKT	66
Figura 2 – Esquema ilustrativo do Modelo MTSK	68
Figura 3 – Matriz de estrutura de continuidade de problemas	87
Figura 4 – Oficinas pedagógicas de pensamento crítico e criativo em Matemática	88
Figura 5 – Mapa conceitual da Análise de Conteúdo	99
Figura 6 – Nuvem de palavras associada às questões 1, 2 e 3 do questionário 1	104
Figura 7 – Nuvem de palavras associada às questões 1, 3, 7 e 8 do questionário 3	121
Figura 8 – Resposta do licenciando L28	126
Figura 9 – Torre de Hanói	133

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
Bolema	Boletim de Educação Matemática
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCK	<i>Common Content Knowledge</i>
CIEspMat/Unicamp	Grupo de Pesquisa e Formação sobre o Conhecimento Interpretativo e Especializado do Professor de e que Ensina Matemática da Universidade Estadual de Campinas
Covid-19	<i>Coronavirus disease</i>
CPDK	<i>Creative Pedagogical Domain Knowledge</i>
DF	Distrito Federal
EaD	Educação a distância
FE/UnB	Faculdade de Educação da Universidade de Brasília
ForMatE/UFABC	Grupo de Pesquisa Formação Matemática para o Ensino da Universidade Federal do ABC
Giem/UnB	Grupo de Investigação em Ensino de Matemática da Universidade de Brasília
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
ICME	<i>International Congress on Mathematical Education</i>
IK	<i>Interpretative Knowledge</i>
Inep	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
KCS	<i>Knowledge of Content and Students</i>
KCT	<i>Knowledge of Content and Teaching</i>
Lemat/UnB	Laboratório de Ensino de Matemática da Universidade de Brasília
MAT/UnB	Departamento de Matemática da Universidade de Brasília
MCG	<i>International Conference on Mathematical Creativity and Giftedness</i>
MEC	Ministério da Educação
MK	<i>Mathematical Knowledge</i>
MKT	<i>Mathematical Knowledge for Teaching</i>
MTSK	<i>Mathematics Teacher's Specialized Knowledge</i>

OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PCdK	<i>Pedagogical Creative-Domain Knowledge</i>
PCeK	<i>Pedagogical Creatively Enhancement Knowledge</i>
PCK	<i>Pedagogical Content Knowledge</i>
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PI/UnB	Grupo de Pesquisas e Investigações em Educação Matemática da Universidade de Brasília
Pibid	Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência
Pisa	<i>Programme for International Student Assessment</i>
PME	<i>Psychology of Mathematics Education Annual Conference</i>
PPGE/FE/UnB	Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade de Brasília
Profmat	Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional
Saeb	Sistema de Avaliação da Educação Básica
Sbem	Sociedade Brasileira de Educação Matemática
SBM	Sociedade Brasileira de Matemática
SciELO	<i>Scientific Electronic Library Online</i>
SCK	<i>Specialized Content Knowledge</i>
SEEDF	Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
UAB	Universidade Aberta do Brasil
UFABC	Universidade Federal do ABC
UnB	Universidade de Brasília
Unesp	Universidade Estadual Paulista
Unicamp	Universidade Estadual de Campinas

LISTA DE SÍMBOLOS

\in	Pertence a
$>$	Maior que
$f: A \rightarrow B$	Função f de A em B
$f(x)$	Imagem de x pela função f ou valor da função f em x
\mathbb{N}	Conjunto dos números naturais = $\{1, 2, 3, \dots\}$
\mathbb{Z}	Conjunto dos números inteiros = $\{\dots, -1, 0, 1, \dots\}$
\mathbb{Q}	Conjunto dos números racionais = $\{\frac{a}{b}; a \in \mathbb{Z}, b \in \mathbb{Z}, b \neq 0\}$
\mathbb{R}	Conjunto dos números reais
\mathbb{R}_+^*	Conjunto dos números reais positivos = $\{x \in \mathbb{R}; x > 0\}$

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	20
1 INTRODUÇÃO	29
1.1 O ENSINO DE MATEMÁTICA NO BRASIL E O DESEMPENHO DE ESTUDANTES BRASILEIROS EM AVALIAÇÕES DE LARGA ESCALA	30
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA E DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	34
1.3 OBJETIVOS.....	39
1.3.1 Objetivo geral	39
1.3.2 Objetivos específicos.....	39
1.4 ENUNCIADO DA TESE	40
1.5 ESTADO DA ARTE	40
2 REFERENCIAL TEÓRICO	54
2.1 FUNÇÕES	54
2.2 A FORMAÇÃO DE PROFESSORES PARA O SÉCULO XXI.....	59
2.3 A FORMAÇÃO DO PROFESSOR DE MATEMÁTICA NO BRASIL.....	62
2.4 CONHECIMENTOS DOCENTES DO PROFESSOR DE MATEMÁTICA	65
2.5 CRIATIVIDADE	71
2.5.1 Tipologia da criatividade.....	72
2.5.2 Abordagens teóricas da criatividade.....	74
2.5.3 Características do pensamento criativo	79
2.5.4 Criatividade em Matemática.....	80
2.5.5 A matriz de estrutura de continuidade de problemas e o roteiro de oficinas de pensamento crítico e criativo em Matemática	85
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	90
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	91
3.2 SUJEITOS E CENÁRIO DA PESQUISA	92
3.3 INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS.....	93
3.4 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES E PROCEDIMENTOS DE COLETA E REGISTRO DOS DADOS	94
3.5 ANÁLISE DOS DADOS	98
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	103
4.1 ANÁLISE DAS RESPOSTAS AOS QUESTIONÁRIOS 1 E 2	103
4.1.1 Categoria 1: Concepções prévias de criatividade.....	104

4.1.2 Categoria 2: Características de alunos criativos	108
4.1.3 Categoria 3: Características de professores criativos	112
4.1.4 Categoria 4: Aulas de Matemática.....	117
4.1.5 Categoria 5: A formação inicial na licenciatura em Matemática	118
4.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO 3	120
4.2.1 Categoria 6: Conhecimentos docentes mobilizados pelos licenciandos e pelo pesquisador	121
4.2.2 Categoria 7: Representações de funções	123
4.2.3 Categoria 8: Características do pensamento criativo.....	125
4.3 ANÁLISE DAS VIDEOAULAS E DOS ROTEIROS DAS OFICINAS.....	127
4.3.1 Categoria 9: Abordagens teórico-metodológicas para o ensino de funções.....	130
4.3.2 Categoria 10: Conhecimentos docentes mobilizados nas aulas e nas oficinas.....	136
4.4 ANÁLISE DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO 4	139
4.5 SÍNTESE INTERPRETATIVA DOS RESULTADOS OBTIDOS	146
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	148
REFERÊNCIAS	154
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).....	189
APÊNDICE B – Questionário 1	191
APÊNDICE C – Questionário 2	198
APÊNDICE D – Questionário 3	200
APÊNDICE E – Questionário 4	201

APRESENTAÇÃO

Nascido em Sobradinho em 1973, sou o terceiro Lineu de uma “dinastia” que começou com o meu falecido avô Lineu da Costa Araújo e continuou com o meu pai Lineu da Costa Araújo Filho, ambos médicos clínicos-gerais nascidos no Piauí e formados pela antiga Universidade do Brasil (atual Universidade Federal do Rio de Janeiro). Além deles, minha mãe, Têmis Barreto da Costa Araújo, também é médica (pediatra), tendo nascido no Piauí e se formado pela Universidade Federal do Ceará. Embora nascidos no mesmo Estado (Piauí) e na mesma cidade (Teresina), meus pais só foram se conhecer no final dos anos 60 nos primórdios de Brasília, quando estudantes de residência da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília (FM/UnB), cuja atividade de formação em ambiente hospitalar ocorria no antigo Hospital Universitário em Sobradinho, local do meu nascimento.

Recém-nascido, mudei-me para uma quadra residencial na Asa Sul de Brasília, onde fui morar em um prédio funcional de médicos do Hospital das Forças Armadas, local de trabalho de meu pai à época. Neto de médico, do qual herdei o nome, filho de médicos e convivendo diariamente com filhos de médicos, eu sonhava em seguir carreira na mesma área, pois tinha em meu avô e em meus pais uma fonte de admiração, inspiração e exemplo. Mas nem sempre os nossos sonhos de infância se materializam: a vida nos proporciona outros sonhos, que mudam as projeções iniciais.

A paixão pela Matemática entrou em minha vida por acaso. Na transição da educação infantil para o ensino fundamental no final dos anos 70, mudei-me no meio do ano letivo de 1979 para uma instituição da rede privada (Escola Branca de Neve, atual Colégio Moraes Rêgo), de metodologia montessoriana, onde cursei do 3º Jardim (atual 1º ano) à 7ª série (atual 8º ano) do ensino fundamental. Embora fosse uma escola pequena, ela oferecia aos alunos uma proposta curricular inovadora para a época, na qual desde cedo tínhamos aulas de Inglês, de Informática, de Xadrez e de Música. Para poder acompanhar o ritmo da nova escola enquanto eu aprendia as primeiras letras e os primeiros números, precisei ter aulas particulares semanais de alfabetização. Apesar da dificuldade inicial com os números, lembro-me bem que fiquei fascinado ao manipular o material dourado pela primeira vez. Era o meu primeiro contato com o lado lúdico da Matemática. A partir daí, e ao longo de todo o ensino fundamental, passei a estudar Matemática com afinco. O esforço para superar as lacunas de aprendizado nessa disciplina renderam, além de boas notas, o gosto pela matéria. Apesar do bom desempenho nessa área do conhecimento ao longo de toda a minha vida escolar até então, eu tinha várias

críticas ao modo com ela era ensinada, visto que achava enfadonho e cansativo memorizar fórmulas de áreas e perímetros de polígonos e resolver muitos exercícios repetitivos.

Todavia, um trabalho de escola na antiga 6ª série (atual 7º ano) começou a mudar a minha concepção a respeito da Matemática. Aos 11 anos de idade, tive que pesquisar aplicações da Matemática na vida cotidiana. Ao consultar enciclopédias e livros de ensino médio sobre o tema (é bom lembrar que vivíamos em uma época ainda sem Internet), acabei me deparando com a vida e a obra do eminente matemático alemão Johann Carl Friedrich Gauss (1777-1855), considerado um dos maiores matemáticos de todos os tempos pelas suas contribuições às áreas de Astronomia, Óptica, Estatística, Geometria Diferencial, Eletromagnetismo, Análise e Teoria dos Números, entre outras. O talento de Gauss para os números foi descoberto ainda em sua infância quando ele calculou em uma aula de Aritmética no ensino fundamental o valor exato da soma $1 + 2 + 3 + \dots + 100$. Ao observar, de forma surpreendentemente genial, criativa e rápida, que $1 + 100 = 2 + 99 = 3 + 98 = \dots = 50 + 51 = 101$, ele simplesmente multiplicou estes 50 pares por 101 para obter a resposta 5.050 desejada. Foi intrigante descobrir, a partir da leitura da biografia de Gauss, que aquela Matemática mecânica da escola tinha aplicações fora da sala de aula e que alguém podia viver da pesquisa em Matemática (até então eu achava que os que gostavam de tal matéria estavam fadados a ser professores, profissão que nunca cogitei para o meu futuro). Sem saber, Gauss acabava de selar naquele momento a área de Ciências Exatas para a minha trajetória profissional, o que foi ratificado por um teste vocacional realizado aos 14 anos de idade que indicou as áreas de Economia, Engenharia Civil, Estatística e Física como potenciais carreiras que eu poderia seguir de acordo com minhas aptidões avaliadas.

Após cursar o ensino médio em uma instituição da rede pública (Centro Educacional Setor Oeste, de 1989 a 1991), decidi prestar vestibular para Medicina na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) – para atender aos anseios familiares – e para Matemática na Universidade Estadual Paulista (Unesp, *campus* de São José do Rio Preto) e na Universidade de Brasília (UnB) – para atender aos anseios particulares –, visto que nenhuma das carreiras indicadas pelo teste vocacional me atraía. O fato de ter ficado na lista de espera na Unicamp e de ter obtido dois primeiros lugares para o curso almejado, tanto na Unesp como na UnB, me fez abandonar o sonho de meus pais para que eu fosse o terceiro Lineu médico da família.

Acabei desenvolvendo toda a minha trajetória acadêmica e profissional em Matemática na UnB, inicialmente como aluno de Bacharelado (1992-1995) e Mestrado (1996-1998), e desde 2000 como docente efetivo do Departamento de Matemática (MAT/UnB), após uma breve passagem como professor substituto (1998-1999).

Embora tenha defendido minha dissertação de Mestrado em Matemática Pura na área de Álgebra, com ênfase na subárea de Teoria dos Números, e participado de vários eventos (encontros, simpósios, congressos, colóquios e seminários) locais, regionais e nacionais neste campo de pesquisa, desde 2007 tenho canalizado minhas atividades docentes para a área de Educação Matemática, onde tenho atuado na graduação (como professor formador de futuros professores de Matemática para a educação básica), na extensão (como professor e orientador de trabalhos de conclusão de cursos de Especialização *lato sensu* para professores de Matemática em exercício na educação básica) e, desde 2013, na pós-graduação (como professor do Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (Profmat)). A intensa dedicação à carreira docente, aliada a trabalhos paralelos como tutor em cursos de educação a distância (EaD) oferecidos pelo sistema Universidade Aberta do Brasil (UAB) em parceria com a UnB e em elaboração, revisão e correção de itens para avaliações educacionais de larga escala (vestibulares e Olimpíadas de Matemática), acabou tendo um ônus: o ingresso tardio no mundo da pesquisa.

O impulso que me faltava para a realização de um Doutorado ocorreu em setembro de 2014, quando aceitei o convite para assumir a coordenação do subprojeto Matemática do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid) no âmbito da UnB, cargo que ocupei até fevereiro de 2018. Instituído pelo governo federal em 2007 e executado no âmbito da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), o Pibid é uma das principais iniciativas recentes no campo das políticas públicas de educação superior para a formação inicial de professores no Brasil. Sua finalidade é fomentar a iniciação à docência, inserindo os licenciandos na realidade da sala de aula de escolas da rede pública da educação básica desde o início de sua formação acadêmica, e contribuir para o aperfeiçoamento da formação de docentes em nível superior e para a melhoria da qualidade da educação básica pública brasileira (BRASIL, 2007, 2010).

Sendo um bacharel e mestre em Matemática que até então não tivera oportunidades de lecionar/coordenar os estágios supervisionados obrigatórios e outras disciplinas práticas específicas do curso de licenciatura, e diante do desafio e da responsabilidade que representava ser o novo coordenador do Pibid, eu me vi impelido a ampliar o meu conhecimento acerca de teorias de aprendizagem e de saberes pedagógicos necessários à prática educativa.

Nesse sentido, a leitura da obra *A pedagogia: teorias e práticas da Antiguidade aos nossos dias* (GAUTHIER; TARDIF, 2014) foi fundamental, pois me possibilitou entrar em contato com as concepções educativas do filósofo e pedagogo norte-americano John Dewey (1859-1952), dos psicólogos norte-americanos Carl Rogers (1902-1987) e David Ausubel

(1918-2008), do biólogo e psicólogo suíço Jean Piaget (1896-1980), do psicólogo russo Lev Vygotsky (1896-1934) e do educador brasileiro Paulo Freire (1921-1997), entre outros importantes nomes no âmbito da Educação.

Ainda que defendessem práticas docentes sob perspectivas epistemológicas variadas, tais educadores foram de grande valia para fundamentar o pensamento pedagógico que norteou as leituras e discussões de textos referentes à Educação durante os encontros semanais com os licenciandos ao longo dos 4 anos em que estive no Pibid. Com Dewey, aprendi a necessidade de proporcionar um ambiente de ensino democrático, cooperativo e colaborativo em que o aluno aprende fazendo, testando suas ideias, elaborando os seus próprios conceitos e resolvendo problemas na prática. Com Rogers, a concepção do professor como mediador e facilitador da aprendizagem do aluno, deixando-o livre para aprender de acordo com o seu ritmo e interesse. Com Ausubel, a importância do conhecimento prévio do estudante na busca por uma aprendizagem significativa. Com Piaget, a ideia de que o aluno descobre tudo por si mesmo e constrói o próprio aprendizado ao longo dos estágios de seu desenvolvimento cognitivo. Com Vygotsky, a teoria sociointeracionista a partir da dimensão sociocultural na construção dos novos saberes. E, por fim, com Freire, sua visão humanista, crítica e democrática do ensino, valorizando o diálogo, a curiosidade, a autonomia e os saberes dos educandos.

Nesse contexto, o diferencial do nosso subprojeto era ensinar Matemática de forma contextualizada e criativa por meio de uma prática pedagógica diferenciada e inovadora: sob a orientação de professores do MAT/UnB, os licenciandos desenvolviam o próprio material didático a ser utilizado em sala de aula junto a alunos e professores da rede pública da educação básica do Distrito Federal (DF), na forma de cadernos de atividades de cunho investigativo segundo a metodologia de resolução de problemas (GREBOT; GASPAR; DÖRR, 2013). Tais sequências didáticas, aplicadas sem a utilização do quadro-negro e em um ambiente colaborativo e dialógico mediado pelos licenciandos, valorizavam aplicações da Matemática no cotidiano do estudante, além de explorar a ludicidade por meio de jogos, quebra-cabeças, enigmas e desafios numéricos tais como o Tangram, o Sudoku e o cubo mágico, entre outros.

Por serem um contraponto ao modelo tradicional de ensino de Matemática, esses cadernos obtiveram excelente receptividade perante os alunos das escolas, proporcionando-lhes uma abordagem prazerosa dessa ciência ao desmistificá-la como apenas uma coleção de fórmulas, regras e macetes desconectados da realidade dos estudantes. Em particular, em coautoria com meus alunos do Pibid, produzi os seguintes trabalhos, os quais foram divulgados em eventos locais, nacionais e internacionais da área de Educação Matemática (ARAÚJO NETO; VIRIATO JÚNIOR; FRANÇA, 2016; ARAÚJO NETO *et al.*, 2017a, 2017b):

1. *The Light Game: an activity of linear systems*, o qual gerou um *workshop* apresentado no 13th International Congress on Mathematical Education (ICME 13) em Hamburgo, Alemanha (julho de 2016);
2. *Como um Matemático Captura Pokémons*, caderno de atividades pedagógicas produzido no âmbito do Pibid, o qual gerou uma oficina apresentada na Semana Universitária da UnB (outubro de 2016), uma comunicação científica apresentada no IX Workshop de Verão em Matemática da UnB (fevereiro de 2017), uma oficina apresentada no Festival da Matemática do Rio de Janeiro (abril de 2017), uma oficina apresentada no Circuito de Vivências em Educação Matemática (maio de 2017), uma oficina apresentada na I Feira de Matemática do DF (setembro de 2017) e um artigo publicado em periódico (ARAÚJO NETO, 2021);
3. *O Infinito Mundo dos Fractais*, o qual gerou uma exposição apresentada na Semana Nacional de Ciência e Tecnologia (outubro de 2017), uma oficina apresentada na Semana Universitária da UnB (outubro de 2017) e uma comunicação científica apresentada no X Workshop de Verão em Matemática da UnB (fevereiro de 2018).

O sucesso obtido por esses trabalhos pode ser atribuído ao fato de eles abordarem conceitos matemáticos elementares de Geometria Plana, Geometria Espacial e Álgebra Linear aplicados a situações-problema do cotidiano dos alunos, os quais passaram a ver a Matemática como um saber acessível, palpável, envolvente, agradável e significativo. Devido ao contato cada vez mais estreito com alunos, professores da educação básica e pesquisadores da área de Educação Matemática por conta do Pibid e do Laboratório de Ensino de Matemática da Universidade de Brasília (Lemat/UnB), do qual fui coordenador de outubro de 2015 a dezembro de 2016, acabei me filiando à Sociedade Brasileira de Educação Matemática (Sbem) e a dois grupos de pesquisa no âmbito da UnB, o Grupo de Pesquisas e Investigações em Educação Matemática (PI/UnB) e o Grupo de Investigação em Ensino de Matemática (Giem/UnB), visando complementar a minha formação acadêmica e aumentar a minha produção científica na área.

Quando entrei no Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade de Brasília (PPGE/FE/UnB) em agosto de 2017, meu intuito inicial era investigar a contribuição do MAT/UnB no processo de formação de professores de Matemática para a educação básica do século XXI no DF a partir de iniciativas como Pibid e o Profmat e o impacto desses programas na formação acadêmica e na atuação em sala de aula de seus egressos. A escolha dessa rica temática de pesquisa estava intimamente relacionada à minha trajetória acadêmica e profissional como docente do MAT/UnB e à minha

produção intelectual, mas foi posteriormente substituída em razão de ela já ter sido abordada em várias dissertações e teses em programas de pós-graduação espalhados pelo Brasil e em virtude do meu contato com o trabalho pioneiro em criatividade em Matemática desenvolvido pelo meu orientador, professor Cleyton Hércules Gontijo. A proposta que ele me fez de realizar uma pesquisa que aliasse criatividade, tema ainda incipiente na literatura nacional, com formação continuada de professores junto a docentes de Matemática em exercício na rede pública de ensino da educação básica do DF parecia instigante por me forçar a sair de minha zona de conforto e, após suscitar reflexões e questionamentos, foi escolhida para ser investigada a partir de 2018. Era a primeira mudança de rumo em minha pesquisa de Doutorado.

Da mesma forma que aconteceu ao assumir a coordenação do Pibid no MAT/UnB, era necessário novamente um embasamento teórico para que eu pudesse me familiarizar com esse novo universo, o qual foi obtido por meio da leitura de artigos e da realização de oficinas de resolução de problemas no âmbito do grupo PI/UnB e da participação com aluno em duas disciplinas na pós-graduação relacionadas à criatividade. Na primeira, intitulada “Criatividade e Inovação no Processo de Ensino-Aprendizagem” e ministrada pelo professor Cleyton Hércules Gontijo, examinamos, analisamos e avaliamos criticamente várias abordagens teóricas, técnicas e metodologias de criatividade, com ênfase em estratégias para o estímulo, desenvolvimento e avaliação do pensamento criativo e da aprendizagem em Matemática no âmbito do currículo, da avaliação e da prática pedagógica em sala de aula. Na segunda, intitulada “Processos Criativos” e ministrada pelo professor Asdrúbal Borges Formiga Sobrinho, estudamos várias abordagens teóricas e vários modelos da psicologia da criatividade, com ênfase na interação dos indivíduos entre si e com o ambiente e nas características cognitivas e socioculturais relacionadas à criatividade. Tal arcabouço teórico foi complementado pelos minicursos “*Flexibility of thinking in mathematics classroom*” (fevereiro de 2018) e “*Inquiry-based approaches to Mathematics in the classroom*” (fevereiro de 2019), ambos ministrados pela professora Brigitte Lutz-Westphal (Freie Universität Berlin) no âmbito da Escola de Verão em Matemática do MAT/UnB. Esses minicursos me possibilitaram entrar em contato com a metodologia de aprendizagem investigativa e dialógica utilizada pela pesquisadora em salas de aula da Alemanha (MATUSOV, 2009; WEGERIF, 2010; LUTZ-WESTPHAL, 2019; DÖRR; LUTZ-WESTPHAL, 2020; DÖRR, 2021), na qual atividades matemáticas de cunho exploratório são desenvolvidas de forma colaborativa a partir de uma situação-problema que admite múltiplas respostas, propiciando ao aluno formular perguntas, fazer descobertas, socializar suas respostas com os colegas antes de chegar a um consenso e

obter um *feedback* do professor após análise dos seus registros escritos, de modo a aprimorar o processo de ensino e aprendizagem e a criatividade em Matemática.

Mas eis que veio a pandemia do novo coronavírus (em inglês, *Coronavirus disease – Covid-19*) e, com ela, a segunda mudança de rumo em minha pesquisa de Doutorado. Em virtude das limitações impostas pelo distanciamento social e da consequente suspensão das aulas presenciais na educação básica e no ensino superior no Brasil a partir de março de 2020, a pesquisa de campo, originalmente planejada para a modalidade de ensino presencial com professores de Matemática em exercício da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal (SEEDF), foi adaptada e executada via ensino remoto, só que agora direcionada à formação inicial de um grupo de futuros professores de Matemática de uma universidade pública do DF.

Agora que o tema do presente trabalho já foi apresentado, faz-se necessário explicar como a pesquisa foi estruturada. Diferentemente dessa apresentação inicial, a qual foi realizada na primeira pessoa do singular para realçar aspectos individuais de minha trajetória pessoal e profissional, doravante a escrita será realizada na primeira pessoa do plural, de forma a contemplar a tríade pesquisador, orientador e sujeitos da pesquisa no processo coletivo de elaboração do texto final.

No capítulo 1 delineamos o problema central de nossa pesquisa, elencando a justificativa de sua escolha, o objetivo geral e os objetivos específicos relativos às questões e a tese a ser investigada, bem como as lacunas na literatura que garantem o ineditismo e a relevância de nosso projeto, a partir de um estudo do tipo estado da arte acerca da temática em questão.

No capítulo 2 fazemos uma revisão da literatura, em âmbito nacional e internacional, acerca da temática da pesquisa, de modo a fornecer um arcabouço teórico robusto para nortear a nossa investigação.

No capítulo 3 abordamos a parte metodológica da pesquisa, contemplando sua natureza e base epistemológica, os sujeitos e o cenário da investigação, a descrição dos instrumentos e procedimentos de coleta, registro e análise dos dados.

No capítulo 4 apresentamos a análise e a discussão dos resultados da pesquisa a partir da categorização dos dados por meio da técnica de Análise de Conteúdo na perspectiva de Laurence Bardin.

No capítulo 5 finalizamos o trabalho por meio das conclusões que nos levaram a corroborar a tese apresentada, além de propor novos direcionamentos para futuras pesquisas.

Para efeitos de padronização ao longo do texto, doravante adotaremos a seguinte convenção para o termo “matemática”:

- a) Quando estivermos nos referindo à disciplina curricular/área do conhecimento/corso de graduação em seu contexto geral, vamos escrevê-lo com inicial maiúscula (por exemplo, licenciatura em Matemática ou área de Educação Matemática);
- b) Quando for um adjetivo ou um tipo específico da área do conhecimento, ele será iniciado com letra minúscula (por exemplo, habilidade matemática e matemática escolar).

1 INTRODUÇÃO

Em uma sociedade cada vez mais conectada, a importância da Matemática para explicar o mundo que nos cerca é inegável, visto que o conhecimento matemático está presente em vários aspectos de nossa vida cotidiana tais como a obtenção de informações por meio de *sites* de busca na Internet, o uso de redes sociais e aplicativos de trocas de mensagens, a realização de transações bancárias e compras *on-line*, a utilização de serviços de *streaming* e de compartilhamento de vídeos, o uso de aplicativos de localização, de transporte privado e de *delivery* de comida, o funcionamento de aparelhos de eletrocardiograma, ressonância magnética e tomografia computadorizada, entre outros.

No âmbito da educação básica, a Matemática propicia o desenvolvimento de 4 tipos específicos de pensamento, os quais são úteis para lidar com várias situações-problema do cotidiano (BRASIL, 2014, p. 9-10):

- a) Indutivo (presente no ato de criação matemática e na formulação intuitiva de novas conjecturas a serem validadas ou refutadas posteriormente);
- b) Lógico-dedutivo (característico da Álgebra, mas presente em todos os campos da Matemática que envolvem demonstrações de proposições e teoremas);
- c) Geométrico-espacial (necessário para o aprendizado significativo da Geometria e de suas aplicações);
- d) Não determinístico (característico da Estatística e da Probabilidade, as quais estudam fenômenos que envolvem aleatoriedade).

Embora vários autores (KLINE, 1976; SÁ, 2007; TAHAN, 2008, 2014; DEVLIN, 2005, 2009; STEWART, 2009, 2010, 2012, 2016; ROONEY, 2012; FLOOD; WILSON, 2013; FRENKEL, 2014) enfatizem a atividade matemática como algo natural e acessível a todos e exaltem a beleza dessa ciência que utiliza números, grandezas, formas, padrões, proporções, medidas, simetrias e inferências para descrever a realidade em que estamos inseridos, ela continua sendo um terreno árido para muitas pessoas que não conseguem compreender os seus fundamentos e interagir com aquela que é considerada por Gauss como a Rainha das Ciências.

A seguir, serão apresentados alguns dados que evidenciam o desencanto, o distanciamento e o contexto de exclusão e fracasso escolar vivenciados por muitos alunos em relação a essa área do saber.

1.1 O ENSINO DE MATEMÁTICA NO BRASIL E O DESEMPENHO DE ESTUDANTES BRASILEIROS EM AVALIAÇÕES DE LARGA ESCALA

O ensino de Matemática no Brasil ainda segue, majoritariamente, um padrão que se assemelha ao modelo de educação bancária criticado por Paulo Freire (2015), baseado em aulas expositivas predominantemente teóricas, ancoradas no tripé definição-exemplos-exercícios e pautadas pela abstração e pelo formalismo excessivos. Nesse contexto, o ensino do conteúdo fica a cargo do professor, cuja função é treinar os alunos por meio de exercícios repetitivos às custas de memorização de algoritmos, técnicas e manipulações algébricas a serem replicados posteriormente durante as avaliações da disciplina. O currículo extenso recheado de tópicos abordados de forma superficial e isolada, a pouca contextualização e interdisciplinaridade dos conteúdos programáticos, a postura passiva dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem, a ênfase em tecnicidades e pormenores aritméticos em detrimento da efetiva compreensão do conteúdo, tudo isso acaba contribuindo para tornar a Matemática um saber encastelado, desinteressante e sem atrativo para um número significativo de alunos.

Nesse sentido, não é surpresa constatar que muitos estudantes não conseguem (ou se sentem incapazes de) aprender Matemática ou têm uma percepção negativa (aversão, ansiedade, bloqueio emocional, rejeição, medo, fobia) a respeito dessa área do conhecimento por considerá-la um saber estático, abstrato, mecânico, excludente e difícil. Sem contar aqueles que se questionam a respeito de sua utilidade (“Onde vou usar a fórmula de Bhaskara em minha vida?”) ou se vangloriam de não a entender por adotarem crenças limitantes já arraigadas e interiorizadas em nossa sociedade a respeito dessa disciplina: “Matemática é bicho de sete cabeças”, “Matemática é só fazer conta”, “Não nasci para a Matemática”, “Matemática é coisa de doido”, “Matemática é coisa de *nerds*” etc.

Vários fatores corroboram a situação crítica, por vezes dramática, que aflige o processo de ensino e aprendizagem dessa disciplina em todos os níveis ao longo das últimas décadas em nosso país. No que concerne à escola, observa-se a precária infraestrutura da maioria das instituições públicas, sem o devido aparato computacional e tecnológico (celulares, *tablets*, *softwares* matemáticos, entre outros) bem como de bibliotecas e laboratórios que seriam de grande valia para as aulas de Matemática. No que tange ao docente, especialmente o da rede pública de ensino, nota-se, entre outros fatores, a carência de professores de Matemática na educação básica em virtude da desvalorização e do desencanto com a profissão, do abandono do magistério, da baixa atratividade, da carga horária elevada em sala de aula, dificultando o

seu próprio aperfeiçoamento profissional, do baixo número de ingressantes e de formandos e do alto índice de evasão nos cursos de licenciatura (DRUCK, 2004; BRUM, 2013; GATTI, 2017; NEVES; DÖRR; NASCIMENTO, 2019).

Em relação aos alunos, verifica-se que muitos deles apresentam lacunas em sua formação matemática (por exemplo, não dominam as quatro operações básicas nem conceitos que envolvem proporcionalidade tais como porcentagens e regras de três, não conhecem as unidades de medida, além de não saberem interpretar informações a partir de gráficos e tabelas). Tais dificuldades, que remontam tanto a obstáculos didáticos oriundos de metodologias convencionais de ensino quanto a obstáculos epistemológicos intrínsecos ao conhecimento matemático, são agravadas com a aprovação indiscriminada dos estudantes, muitas vezes sem as aprendizagens necessárias para cursar as séries posteriores.

Esse triste panorama é ratificado pela baixa proficiência média em Matemática dos estudantes brasileiros da educação básica, como mostram os indicadores do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb), um conjunto de avaliações externas em larga escala sob responsabilidade do Ministério da Educação (MEC) e aplicado a cada dois anos pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Tais avaliações versam sobre competências de Língua Portuguesa e Matemática para alunos do 5º e do 9º anos do ensino fundamental e da 3ª série do ensino médio e permitem realizar um diagnóstico da qualidade da educação básica em nosso país.

De acordo com os dados produzidos no âmbito do Saeb realizado em 2017 (BRASIL, 2018b), os estudantes brasileiros matriculados no 5º ano do ensino fundamental, no 9º ano do ensino fundamental e na 3ª série do ensino médio, possuíam, respectivamente, nível 4 (básico), nível 3 (insuficiente) e nível 2 (insuficiente) de proficiência média em Matemática, em uma escala de proficiência de 0 a 10. Além disso, cerca de 70% dos estudantes brasileiros do final do ensino médio que foram avaliados pelo Saeb 2017 apresentaram aprendizagem insuficiente em Matemática, evidenciando que eles terminam a educação básica sem conhecimentos mínimos nessa área do conhecimento. Já no Saeb 2019, no que tange à competência de resolução de problemas matemáticos pelos alunos da rede pública de ensino, evidenciou-se que a proporção de alunos com aprendizagem adequada nesse quesito era de 47% para alunos ao final do 5º ano do ensino fundamental, 18% para alunos ao final do 9º do ensino fundamental e 5% para alunos ao final do 3º ano do ensino médio, ou seja, 95% dos alunos da rede pública terminam o ensino médio sem aprender o que era esperado em Matemática (MENTALIDADES MATEMÁTICAS, 2021). Isso se reflete também no ensino superior, em que os altos índices

de reprovação em Cálculo 1, primeira disciplina de Matemática para ingressantes em diversos cursos de Ciências Exatas, Sociais e Biológicas, sinalizam lacunas no conhecimento matemático de nível secundário por parte dos alunos, mesmo após 12 anos de escolarização básica em Matemática (REZENDE, 2003; WROBEL; ZEFERINO; CARNEIRO, 2013; ALVARENGA; DÖRR; VIEIRA, 2016; DÖRR; MUNIZ, 2016; DÖRR; MUNIZ, 2017; DÖRR, 2017; BEZERRA, 2019).

No cenário mundial, avaliações internacionais das quais o Brasil participa mostram que a proficiência dos estudantes brasileiros em Matemática está muito abaixo em relação à de estudantes de outros países que possuem condições semelhantes. É o caso, por exemplo, do desempenho dos alunos brasileiros no Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (Pisa, iniciais da sigla em inglês *Programme for International Student Assessment*), principal avaliação educacional em larga escala no contexto internacional, administrada pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e operacionalizada em nosso país pelo Inep. Trata-se de um teste padronizado aplicado de forma amostral a cada ciclo de 3 anos, destinado a avaliar habilidades e competências construídas ao longo da escolarização básica nas áreas de Leitura, Matemática e Ciências¹ por alunos na faixa etária de 15 anos de idade, idade correspondente ao fim do ensino fundamental.

O quadro a seguir mostra a série histórica do desempenho médio dos estudantes do Brasil e dos países-membros da OCDE em Matemática em todas as sete edições desse exame desde a sua criação no ano de 2000.

Quadro 1 – Desempenho do Brasil em Matemática no Pisa

Ano	Pontuação média do Brasil	Pontuação média dos países-membros da OCDE
2000	334	500
2003	356	500
2006	370	498
2009	386	496
2012	391	494
2015	377	490

¹ Na edição de 2015 do PISA também foram avaliados os domínios de resolução colaborativa de problemas e letramento financeiro (BRASIL, 2016). Na edição de 2021, adiada para 2022 em razão da pandemia de Covid-19, será a vez da avaliação do domínio de pensamento crítico e criativo por meio de problemas abertos (OECD, 2019).

2018	384	489
------	-----	-----

Fonte: Elaborado pelo autor (a partir dos dados obtidos nos sites www.oecd.org/pisa e portal.inep.gov.br/pisa)

A análise de tais resultados revela um discreto aumento da performance média dos alunos brasileiros em Matemática entre 2000 e 2012, com uma ligeira queda nas duas últimas edições, mas ainda significativamente inferior à obtida pelos alunos dos países-membros da OCDE. Levando-se em consideração que a avaliação de Matemática no Pisa é constituída de itens abertos e de múltipla escolha contextualizados, com foco no uso de conceitos, ferramentas e procedimentos matemáticos para formular, descrever, explicar, interpretar e prever fenômenos do mundo real, tais dados evidenciam que os alunos brasileiros não dominam o mínimo do conhecimento matemático necessário para executar tarefas rotineiras do dia a dia. A título de ilustração, na última edição do Pisa, 68,1% dos alunos brasileiros não atingiram o nível 2 em Matemática (de uma escala de proficiência com 6 níveis, sendo 1 o de menor proficiência e 6 o de maior proficiência), patamar estabelecido pela OCDE com sendo o básico para o pleno exercício de sua cidadania (BRASIL, 2020b).

Ainda que avaliações de larga escala entre países com realidades tão diferentes possam produzir dados artificiais, elas acabam servindo de parâmetro para comparar os níveis de aprendizagem dos estudantes entre os diversos sistemas de ensino dos países participantes. Nesse contexto, diante da preocupante performance brasileira ao longo de todas as edições do Pisa, urge, pois, que o nosso sistema educacional dê um salto de qualidade para tentar um dia se equiparar ao dos países asiáticos que ocupam as primeiras posições neste *ranking*.

Uma das formas de minimizar os problemas da educação básica em nosso país passa pela questão da formação de professores, a qual é de suma importância para aumentar a qualidade do ensino em nosso país. Nesse sentido, são essenciais políticas educacionais de formação de professores que privilegiem uma formação docente (inicial e continuada) de qualidade, de forma a estimular o ingresso do jovem na profissão, minimizar a grande evasão nos cursos de licenciatura e corrigir possíveis lacunas na formação do licenciando, de modo a melhor prepará-lo para um pleno exercício de sua profissão, apesar dos baixos salários, das precárias condições de trabalho e da pouca atratividade e reconhecimento social da carreira de professor, o que acaba afugentando os egressos mais qualificados. Não basta apenas mudar o currículo e/ou os métodos de ensino: é preciso uma mudança de foco no processo de formação inicial do docente em Matemática e na organização do seu trabalho pedagógico em sala de aula,

de forma a capacitá-lo a estimular o processo criativo e o pensamento crítico de seus alunos diante dos desafios que aparecem em suas vidas.

Na próxima seção, vamos delimitar a temática a ser abordada e definir o problema a ser investigado.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA E DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Diante das novas demandas de nossa sociedade no século XXI, cada vez mais complexa, tecnológica, dinâmica, competitiva e globalizada, em que o acesso à informação ocorre instantaneamente ao alcance dos dedos por meio de ferramentas de busca, redes sociais e aplicativos de troca de mensagens, o professor e o livro didático já não detêm mais o monopólio do conhecimento. Nesse contexto, o papel do nosso sistema educacional e, em particular, do professor deve ser estimular o aluno a desenvolver competências e habilidades para formar cidadãos capazes de lidar com as transformações socioeconômicas, políticas, culturais e tecnológicas desses novos tempos de incertezas e mudanças.

Dentre essas habilidades, Stauffer (2021) destaca quatro – criatividade, pensamento crítico, colaboração e comunicação –, cujas iniciais na língua inglesa (*creativity, critical thinking, collaboration* e *communication*, respectivamente) ficaram conhecidas na literatura como as habilidades 4 C's do século XXI. Em poucas palavras, ser criativo significa ver um problema sob vários ângulos e perspectivas e gerar ideias inovadoras para solucioná-lo; ter pensamento crítico está relacionado à capacidade de discernimento para uma interpretação precisa da realidade (o que é especialmente relevante em tempos de *fake news* disseminadas em redes sociais) e demanda questionar, avaliar e validar informações para uma perfeita tomada de decisão; ser colaborativo implica saber trabalhar em grupo, compartilhando ideias e criando conexões; e ser comunicativo pressupõe saber transmitir suas ideias de forma clara e efetiva para ser entendido pelo outro.

No âmbito educacional, é vital que o modelo de ensino adotado nas escolas seja revigorado com a introdução de metodologias ativas de aprendizagem, defendidas por vários autores (CAMARGO; DAROS, 2018; CORTELAZZO *et al.*, 2018; BACICH; MORAN, 2019) em contraponto ao ensino tradicional. Tais metodologias, que remontam ao pensamento pedagógico de Dewey, Piaget, Vygotsky, Ausubel e Rogers, entre outros, se caracterizam, em sua essência, por contemplarem estratégias pedagógicas personalizadas, diferenciadas e inovadoras baseadas na experimentação, na contextualização, na investigação, na

interdisciplinaridade e na resolução de problemas reais do cotidiano dos alunos, sendo desenvolvidas em um ambiente de trabalho participativo, dialógico e colaborativo, em que o aluno aprende fazendo e é o protagonista na construção do seu próprio conhecimento, cabendo ao professor o papel de mediador, inspirador e facilitador deste processo, respeitando a individualidade e o ritmo de aprendizagem de cada aluno.

Todavia, apesar de suas potencialidades e de valorizarem a criatividade dos estudantes, tais metodologias não ensinam como desenvolver o seu potencial criativo, tarefa que compete cada vez mais ao professor enquanto agente catalisador do conhecimento para o aluno. Infelizmente, os documentos oficiais atualmente vigentes que norteiam a elaboração das diretrizes curriculares nacionais e propostas pedagógicas para a educação básica em todas as suas etapas de escolarização (educação infantil, ensino fundamental, ensino médio) não instrumentalizam adequadamente o professor para desempenhar tão nobre tarefa.

Conforme salientado por Fonseca e Gontijo (2020a), as temáticas de criatividade, pensamento crítico e resolução de problemas já eram mencionadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (BRASIL, 1997, 1998, 1999) e aparecem em vários trechos ao longo da Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2018a). Segundo este último documento, uma das competências gerais da educação básica é

exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a **análise crítica**, a imaginação e a **criatividade**, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, **formular e resolver problemas** e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas (BRASIL, 2018a, p. 9, grifo nosso).

Nesse contexto, deve-se almejar uma educação que prepare o estudante do século XXI para lidar com os novos desafios que lhes esperam. Não há espaço mais para uma educação escolar meramente conteudista. Afinal,

no novo cenário mundial, reconhecer-se em seu contexto histórico e cultural, comunicar-se, **ser criativo, analítico-crítico**, participativo, aberto ao novo, colaborativo, resiliente, produtivo e responsável requer muito mais do que o acúmulo de informações. Requer o desenvolvimento de competências para aprender a aprender, saber lidar com a informação cada vez mais disponível, atuar com discernimento e responsabilidade nos contextos das culturas digitais, aplicar conhecimentos para **resolver problemas**, ter autonomia para tomar decisões, ser proativo para identificar os dados de uma situação e buscar soluções, conviver e aprender com as diferenças e as diversidades (BRASIL, 2018a, p. 14, grifo nosso).

Um outro fragmento deste documento destaca ainda que

para formar esses jovens como sujeitos **críticos, criativos**, autônomos e responsáveis, cabe às escolas de ensino médio proporcionar experiências e processos que lhes garantam as aprendizagens necessárias para a leitura da realidade, o enfrentamento dos novos desafios da contemporaneidade (sociais, econômicos e ambientais) e a tomada de decisões éticas e fundamentadas. O mundo deve lhes ser apresentado como

campo aberto para investigação e intervenção quanto a seus aspectos políticos, sociais, produtivos, ambientais e culturais, de modo que se sintam estimulados a **equacionar e resolver questões** legadas pelas gerações anteriores – e que se refletem nos contextos atuais –, **abrindo-se criativamente para o novo** (BRASIL, 2018a, p. 463, grifo nosso).

E isso deve ser efetivado por meio do

[...] desenvolvimento de competências que possibilitem aos estudantes inserir-se de forma ativa, **crítica, criativa** e responsável em um mundo do trabalho cada vez mais complexo e imprevisível, criando possibilidades para viabilizar seu projeto de vida e continuar aprendendo, de modo a ser capazes de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores. Para tanto, a escola que acolhe as juventudes precisa se estruturar de maneira a [...] proporcionar uma cultura favorável ao desenvolvimento de atitudes, capacidades e valores que promovam o empreendedorismo (**criatividade**, inovação, organização, planejamento, responsabilidade, liderança, colaboração, visão de futuro, assunção de riscos, resiliência e curiosidade científica, entre outros), entendido como competência essencial ao desenvolvimento pessoal, à inclusão social e à empregabilidade (BRASIL, 2018a, p. 465-466, grifo nosso).

Em particular, no que concerne à área de Ciências da Natureza,

os processos e práticas de investigação merecem também destaque especial. Portanto, a dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada no ensino médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: **identificar problemas, formular questões**, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área. A abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido. Nessa etapa da escolarização, ela deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a **criatividade** na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental (BRASIL, 2018a, p. 550-551, grifo nosso).

No tocante à utilização da tecnologia nas diferentes áreas do conhecimento, são definidas competências e habilidades que permitem aos estudantes

utilizar, propor e/ou implementar soluções (processos e produtos) envolvendo diferentes tecnologias, para identificar, analisar, modelar e **solucionar problemas** complexos em diversas áreas da vida cotidiana, explorando de forma efetiva o raciocínio lógico, o pensamento computacional, o espírito de investigação e a **criatividade** (BRASIL, 2018a, p. 475, grifo nosso).

A nova organização curricular do ensino médio, que começará a ser implementada a partir de 2022, também faz menção à criatividade no tocante à escolha de itinerários formativos pelo estudante, conforme o seu interesse, de forma a complementar a sua formação geral básica e aprofundar as suas aprendizagens em pelo menos uma das 4 áreas do conhecimento (Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências Naturais e suas Tecnologias e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas) e/ou na formação técnica e profissional.

De acordo com a Resolução CNE/CEB nº 3, de 21 de novembro de 2018, e a Portaria nº 1.432, de 28 de dezembro de 2018, referenciais curriculares que regem a elaboração de tais itinerários formativos, estes estão organizados por meio de 4 eixos estruturantes, sendo um deles o de “processos criativos”, que visa ampliar habilidades relacionadas ao pensar e fazer criativo em busca de soluções inovadoras para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo de trabalho (BRASIL, 2018c, 2018d).

No âmbito das unidades federativas brasileiras, por exemplo, no DF, o Currículo em Movimento da Educação Básica da SEEDF (DISTRITO FEDERAL, 2014a, 2014b, 2014c, 2018, 2019), que apresenta as concepções político-pedagógicas que devem nortear a prática escolar na rede pública de ensino da capital federal, também destaca a criatividade como um elemento-chave para o trabalho pedagógico nas escolas. Em seus pressupostos teóricos, ele propõe

o currículo como um instrumento aberto em que os conhecimentos dialogam entre si, estimulando a pesquisa, a inovação e a utilização de recursos e práticas pedagógicas mais **criativas**, flexíveis e humanizadas (DISTRITO FEDERAL, 2014a, p. 21, grifo nosso).

Além disso, tal documento enfatiza ainda que

uma proposta curricular de alcance para a sociedade contemporânea deverá, pois, agregar às tendências atuais da ciência e das tecnologias a seleção, inclusão e organização de conhecimentos socialmente relevantes e significativos, de modo a colaborar para a formação integral de sujeitos autônomos, **críticos**, **criativos**, sem deixar de lado a produção cultural dos grupos sociais historicamente marginalizados, cidadãos capazes de reflexão e ação (DISTRITO FEDERAL, 2014a, p. 77, grifo nosso).

No caso específico da área de Matemática do ensino médio, nota-se, mais uma vez, a menção à criatividade e à resolução de problemas no referido documento. De fato, a matriz curricular do Currículo em Movimento nesta área do conhecimento está dividida em três dimensões (multiletramentos), uma das quais é intitulada Tecnologia, Informação e Criatividade (as outras duas são Cultura, Sociedade e Ética, e Lógica, Análise e Interpretação/Representação). Além disso, são competências gerais do ensino de Matemática do ensino médio, entre outras, “desenvolver capacidades de raciocínio e **resolução de problemas**, de comunicação, bem como o **espírito crítico e criativo**, e utilizar com confiança procedimentos de **resolução de problemas** para desenvolver a compreensão de conceitos matemáticos” (DISTRITO FEDERAL, 2014c, p. 44, grifo nosso).

As temáticas de criatividade e de resolução de problemas também estão presentes na Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação), instituída pela Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019, a qual define

as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica, em consonância com as aprendizagens prescritas na BNCC da Educação Básica. Segundo este documento oficial, são competências gerais docentes, entre outras,

(a) Pesquisar, investigar, refletir, realizar a **análise crítica**, usar a **criatividade** e buscar soluções tecnológicas para selecionar, organizar e planejar práticas pedagógicas desafiadoras, coerentes e significativas; (b) Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas docentes, como recurso pedagógico e como ferramenta de formação, para comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, **resolver problemas** e potencializar as aprendizagens (BRASIL, 2020a, grifo nosso).

Como se vê, apesar das boas intenções, tais documentos curriculares oficiais fazem alusão à importância crescente do desenvolvimento da criatividade no ambiente educacional, mas de maneira vaga, superficial e no plano das ideias. Além de não conceituarem explicitamente tal construto, eles não mencionam estratégias de como operacionalizá-lo e estimulá-lo no contexto escolar de forma a subsidiar a prática pedagógica do professor em sala de aula. Afinal, como um professor pode encorajar o trabalho criativo de seus alunos se ele mesmo não tem durante a sua formação inicial a oportunidade de construir o conhecimento especializado nessa área para abordá-lo com seus estudantes?

Tal problema já tinha sido abordado por Fleith (2000), Gontijo e Fonseca (2020b) e Fonseca e Gontijo (2021a) ao salientarem que a formação de professores ao longo das licenciaturas é caracterizada pela ausência de conteúdos na área de criatividade, o que explica a dificuldade do professor em implementá-la de forma efetiva em sua prática docente na rotina da sala de aula, a despeito de sua importância como agente catalisador no processo de ensino e aprendizagem. Os referidos pesquisadores apontam ainda que a falta de uma formação de professores pautada em conhecimentos especializados acerca da criatividade é uma das razões pelas quais muitos professores não apresentem comportamentos, atitudes e atividades criativas em sala de aula.

Essa importante lacuna acaba dificultando o trabalho pedagógico do professor no desenvolvimento do potencial criativo de seus alunos em sala de aula e nos motiva a desenvolver a presente pesquisa no âmbito da Educação Matemática. A partir do exposto, queremos encontrar respostas às seguintes questões norteadoras de nossa investigação:

- a) Que conhecimentos e concepções acerca da criatividade em Matemática são evidenciados por futuros professores após cursarem uma disciplina no âmbito do curso de licenciatura em Matemática de uma universidade pública do DF?

- b) Que conhecimentos e práticas pedagógicas para o ensino do conteúdo de funções são evidenciados por tais licenciandos após essa disciplina?
- c) Que contribuições uma abordagem de ensino baseada em técnicas de criatividade associadas a problemas contextualizados e interdisciplinares pode proporcionar ao processo formativo desses licenciandos?

1.3 OBJETIVOS

Para tentar responder a esses questionamentos, vamos definir os nossos objetivos de pesquisa.

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral que norteia a presente pesquisa foi investigar o que revelam licenciandos em Matemática de uma universidade pública do DF acerca de conhecimentos e concepções de criatividade em Matemática e suas aplicações em práticas pedagógicas para o ensino do conteúdo de funções e como tais conhecimentos e concepções são ressignificados ao longo do processo formativo em uma disciplina do seu curso de licenciatura.

1.3.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral almejado, vamos subdividi-lo nos seguintes objetivos específicos:

- a) Analisar as contribuições da estrutura didático-pedagógica² adotada nessa disciplina sobre os conhecimentos e as concepções acerca da criatividade em Matemática manifestados por tais licenciandos;
- b) Analisar as contribuições da estrutura didático-pedagógica adotada nessa disciplina sobre os conhecimentos e as práticas pedagógicas para o ensino do conteúdo de funções manifestados por tais licenciandos;

² A estrutura didático-pedagógica adotada na referida disciplina compreende um modelo de oficinas de pensamento crítico e criativo em Matemática associado a problemas contextualizados e interdisciplinares segundo uma matriz de estrutura de continuidade de problemas (para maiores detalhes, ver capítulos 2 e 4).

- c) Analisar as contribuições da estrutura didático-pedagógica adotada nessa disciplina, junto aos licenciandos participantes da pesquisa, no planejamento, elaboração e apresentação de uma oficina destinada a alunos do ensino médio acerca do conteúdo de funções na perspectiva do pensamento crítico e criativo em Matemática.

1.4 ENUNCIADO DA TESE

Assim, defendemos a seguinte tese que pretendemos ratificar ao final deste processo investigativo, a partir do referencial teórico e das reflexões e interpretações advindas desses questionamentos:

O processo formativo baseado em técnicas de criatividade, com problemas contextualizados e interdisciplinares, durante a formação inicial, pode transformar as concepções e práticas pedagógicas de futuros professores de Matemática no âmbito da criatividade em Matemática e favorecer o processo de ensino e aprendizagem do conteúdo de funções.

Na próxima seção, vamos realizar um levantamento bibliográfico da pesquisa acerca desse assunto de modo a compreender o panorama da produção acadêmica atual, sistematizar o conhecimento acumulado na área ao longo do tempo, identificar as principais tendências temáticas já estudadas e os temas ainda não contempladas pela literatura a fim de subsidiar nossas futuras investigações. Nas palavras de Ferreira (2002, p. 259), trata-se do “desafio de conhecer o já construído e produzido para depois buscar o que ainda não foi feito”.

1.5 ESTADO DA ARTE

Segundo Fiorentini *et al.* (2016, p. 18), o mapeamento da pesquisa é

um processo sistemático de levantamento e descrição de informações acerca das pesquisas produzidas sobre um campo específico de estudo, abrangendo um determinado espaço (lugar) e período de tempo. Essas informações dizem respeito aos aspectos físicos dessa produção (descrevendo onde, quando e quantos estudos foram produzidos ao longo do período e quem foram os autores e participantes dessa produção), bem como aos seus aspectos teórico-metodológicos e temáticos.

Nesse sentido, seguindo os passos propostos por Romanowski e Ens (2006), realizamos uma análise documental a partir da consulta de artigos, dissertações e teses já produzidos correlatos à temática desta pesquisa, provenientes das bases de dados eletrônicas Biblioteca

Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), sob responsabilidade do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), Portal de Periódicos da Capes e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO). O nosso objetivo era obter um panorama do tipo “estado da arte” a respeito dos principais temas abordados nesta pesquisa, contemplando em sua essência um estudo detalhado e atualizado dos aspectos de criatividade, criatividade em Matemática, ensino do conceito de função e formação de professores pertinentes ao nosso projeto, bem como as lacunas que poderiam ser exploradas para motivar o presente trabalho.

Inicialmente, foram feitas buscas a partir dos descritores “criatividade” e “matemática”, presentes no campo “Título” dos trabalhos (artigos, dissertações e teses), com recorte temporal até 30 de setembro de 2021 (não fizemos uma restrição quanto à data das publicações, de modo a considerar todo o acervo encontrado nas buscas até a data-limite considerada). De posse dos resultados mais relevantes das buscas dentro do escopo desta pesquisa, procedemos a leitura detalhada dos resumos desses trabalhos, de modo a identificar o aporte teórico-metodológico de cada produção (título, tema, objeto de estudo, referencial teórico e metodologia da pesquisa). Eis os resultados desse levantamento:

1. Na plataforma BDTD, houve a ocorrência de 23 resultados para a busca “criatividade e matemática” no campo “Busca Avançada”, conforme o quadro abaixo:

Quadro 2- Resultados para a busca “criatividade e matemática” na plataforma BDTD

N.	Ano de defesa	Tipo de trabalho	Instituição	Autor	Título
01	2001	Tese	Universidade Estadual de Campinas	Lima, Valeria Scomparim	Solução de problemas: habilidades matemáticas, flexibilidade de pensamento e criatividade
02	2007	Tese	Universidade de Brasília	Gontijo, Cleyton Hércules	Relações entre criatividade, criatividade em matemática e motivação em matemática de alunos do ensino médio
03	2007	Dissertação	Universidade de Brasília	Teixeira, Cristiana Guimarães	Análise de produções de crianças do quarto ano revelando criatividade na educação matemática

04	2008	Dissertação	Universidade Estadual de Ponta Grossa	Pereira, Emanuéli	A modelagem matemática e suas implicações para o desenvolvimento da criatividade
05	2008	Dissertação	Universidade Estadual Paulista	Alvarenga, Rosana Cristina Macelloni	O raciocínio lógico e a criatividade na resolução de problemas matemáticos no ensino médio
06	2014	Dissertação	Universidade Federal de Goiás	Nogueira, Jair Pinheiro	Explorando a curiosidade e a criatividade como motivadores do interesse em matemática
07	2015	Dissertação	Universidade de Brasília	Fonseca, Mateus Gianni	Construção e validação de instrumentos de medida de criatividade no campo da matemática para estudantes concluintes da educação básica
08	2015	Dissertação	Universidade de Brasília	Farias, Mateus Pinheiro	Criatividade em matemática: um modelo preditivo considerando a percepção de alunos do ensino médio acerca das práticas docentes, motivação para aprender e o conhecimento em relação à matemática
09	2015	Dissertação	Universidade de Brasília	Carvalho, Alexandre Tolentino	Relações entre criatividade, desempenho escolar e clima para criatividade nas aulas de matemática de estudantes do 5º ano do ensino fundamental
10	2016	Dissertação	Universidade de Brasília	Silva, Fabiana Barros de Araújo	Trabalho pedagógico e criatividade em matemática: um olhar a partir da prática docente nos anos iniciais do ensino fundamental
11	2016	Tese	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Oliveira, Antonio Neres	Projetos de conhecimento acoplados às tecnologias digitais para promover a criatividade em matemática
12	2017	Tese	Universidade Federal do Rio	Lopes, Gabriela Lucheze de Oliveira	A criatividade matemática de John Wallis na obra <i>Arithmetica Infinitorum</i> :

			Grande do Norte		contribuições para ensino de Cálculo Diferencial e Integral na licenciatura em matemática
13	2017	Tese	Universidade Estadual Paulista,	Alvarenga, Rosana Cristina Macelloni	Um estudo sobre os componentes da criatividade na solução de problemas matemáticos
14	2019	Dissertação	Universidade Estadual Paulista	Santos, Edvan Ferreira	A interface arte e matemática: em busca de uma perspectiva crítica e criativa para o ensino de matemática
15	2019	Dissertação	Universidade Estadual do Oeste do Paraná	Dal Pasquale Junior, Marlon Luiz	Criatividade e geração de ideias em atividades de modelagem matemática
16	2019	Tese	Universidade Estadual Paulista	Rosa, Erica Aparecida Capasio	Escolas inovadoras e criativas e inclusão escolar: um estudo em Educação Matemática
17	2019	Dissertação	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Palma, Rafael Montenegro	Manifestações da criatividade em modelagem matemática nos anos iniciais
18	2019	Dissertação	Universidade Federal do Pará	Neri Júnior, Edilson dos Passos	Atos e lugares de aprendizagem criativa em matemática
19	2019	Dissertação	Universidade de Brasília	Borges, Camilo Ferreira	Atividades criativas e o relacionamento dos alunos com a matemática
20	2019	Tese	Universidade de Brasília	Carvalho, Alexandre Tolentino	Criatividade compartilhada em matemática: do ato isolado ao ato solidário
21	2019	Tese	Universidade de Brasília	Fonseca, Mateus Gianni	Aulas baseadas em técnicas de criatividade: efeitos na criatividade, motivação e desempenho em matemática com estudantes do ensino médio
22	2019	Dissertação	Universidade de Brasília	Teixeira, Cristina de Jesus	A proposição de problemas como estratégia de aprendizagem da matemática: uma ênfase sobre efetividade, colaboração e criatividade

23	2020	Dissertação	Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Giraldi, Olga Cristina Penetra	Um estudo sobre a criatividade em um ambiente de aprendizagem de modelagem matemática
----	------	-------------	---	--------------------------------	---

Fonte: Elaborado pelo autor

Nas 23 produções encontradas, todas vinculadas a universidades públicas estaduais e federais, há 15 dissertações e 8 teses, contemplando as áreas de Psicologia (1 tese), Matemática (2 dissertações no âmbito do Profmat) e Educação/Ensino de Ciências e Matemática (13 dissertações e 7 teses).

As pesquisas foram desenvolvidas, em sua maioria, com alunos da educação básica (ensino fundamental: 11 trabalhos; ensino médio: 7 trabalhos). As demais pesquisas envolveram licenciandos do ensino superior (3 trabalhos) e dois trabalhos que não realizaram pesquisa empírica (apenas análise documental de dissertações e/ou teses).

Em relação aos aspectos metodológicos, trata-se, em sua maioria, de pesquisas qualitativas (16 trabalhos) cujos procedimentos de coleta e análise de dados englobavam análise documental, narrativas, revisão de literatura, entrevistas, questionários, testes matemáticos, estudos de caso, cartografia, pesquisa participante, pesquisa-ação, análise do discurso, observações, diários de aula, gravações em áudio e/ou vídeo e análise das produções escritas. Das produções restantes, 4 eram de caráter quantitativo, as quais utilizaram tratamentos estatísticos para a análise dos dados (regressão linear múltipla, correlação de *Pearson*, coeficientes de *Cronbach*, teste *t* de *Student*, teste de *Wilcoxon*, entre outros), e 3 utilizaram métodos mistos (quanti-quali).

Quanto ao referencial teórico desses estudos, poucos resumos evidenciaram os autores utilizados nas pesquisas, mas, dentre os citados, observamos uma prevalência de importantes nomes de referência em criatividade e/ou criatividade em Matemática tais como Amabile, Kaufman, Sternberg, Lubart, Csikszentmihalyi, Krutetskii e Torrance (no panorama internacional) e Alencar, Fleith, Gontijo, Wechsler e Martínez (no cenário nacional), os quais também serão referências importantes em nossa pesquisa.

Entre as principais temáticas abordadas além da criatividade em Matemática, destacam-se a história da Matemática (LOPES, 2017), a educação inclusiva (ROSA, 2019), o uso de tecnologias digitais de informação e comunicação – TDIC (OLIVEIRA, 2016), a criação de recursos educacionais por meio da cultura *maker* (NERI JÚNIOR, 2019), o ensino de Matemática e sua interface com a Arte (SANTOS, 2019), a ludicidade (TEIXEIRA, 2007), a

modelagem matemática (PEREIRA, 2008; DAL PASQUALE JUNIOR, 2019; PALMA, 2019; GIRALDI, 2020) e a formulação e/ou resolução de problemas (LIMA, 2001; GONTIJO, 2007a; ALVARENGA, 2008, 2017; NOGUEIRA, 2014; FONSECA, 2015, 2019; FARIAS, 2015; CARVALHO, 2015, 2019; SILVA, 2016; BORGES, 2019; TEIXIERA, 2019).

Quanto à distribuição geográfica, há instituições contempladas na região Centro-Oeste (11 trabalhos), Sudeste (5 trabalhos), Sul (5 trabalhos), Norte (1 trabalho) e Nordeste (1 trabalho). É importante ressaltar a contribuição da UnB à pesquisa em criatividade em Matemática com 10 desses trabalhos, com destaque para a tese de Gontijo (2007a) e sete trabalhos sob a sua supervisão: quatro dissertações no âmbito da Educação (CARVALHO, 2015; FARIAS, 2015; FONSECA, 2015; SILVA, 2016), os quais estão sintetizados em duas publicações recentes no âmbito da literatura nacional sobre criatividade em Matemática (GONTIJO *et al.*, 2019; GONTIJO; FONSECA, 2020a), uma dissertação no âmbito do Profmat (BORGES, 2019) e duas teses no âmbito da Educação (CARVALHO, 2019; FONSECA, 2019).

A tese de Gontijo (2007a), a qual gerou vários artigos em periódicos e trabalhos em anais de eventos nacionais e internacionais da área de Educação Matemática (GONTIJO, 2006a, 2006b, 2007b, 2007c, 2010, 2015, 2018; GONTIJO; FLEITH, 2009, 2010; GONTIJO; SILVA; CARVALHO, 2012), é um marco pelo seu pioneirismo em realizar um estudo empírico com alunos do ensino médio a respeito da relação entre criatividade, criatividade em Matemática e motivação em Matemática. Enquanto Gontijo (2007a) e Fonseca (2015, 2019) desenvolveram instrumentos para medir a criatividade em Matemática de alunos concluintes da educação básica (3º ano do ensino médio), Carvalho (2015, 2019) e Silva (2016) analisaram a expressão criativa de alunos dos anos iniciais do ensino fundamental, sendo que Carvalho desenvolveu testes diferentes para avaliar a criatividade de estudantes do 5º ano do ensino fundamental em suas pesquisas para a dissertação e a tese. Silva, por sua vez, se ateve à figura do professor e à influência de suas práticas docentes em sala de aula no desenvolvimento da criatividade de seus alunos. Dentre os principais tópicos presentes nessas produções, podemos citar a relação entre a criatividade em Matemática com a motivação para o aprendizado de Matemática, o desempenho escolar em Matemática, a percepção dos alunos quanto ao clima para criatividade nas aulas de Matemática, a percepção dos alunos das práticas docentes facilitadoras do desenvolvimento da criatividade e o trabalho pedagógico do professor em sala de aula.

Vale a pena mencionar que nenhum resultado foi encontrado relacionando criatividade em Matemática, formação inicial de professores e ensino de funções.

2. No portal da Capes, houve a ocorrência de 22 resultados para a busca avançada por “criatividade AND matemática” no campo “Título”, contemplando 20 artigos e 2 recursos textuais (2 resumos de dissertações de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática do Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul). Em virtude de 3 trabalhos aparecerem repetidos duas vezes e de 2 trabalhos não versarem sobre Matemática (e sim sobre ciências/tecnologias digitais), apenas 17 dessas produções foram analisadas, conforme o quadro abaixo:

Quadro 3 – Resultados para a busca “criatividade e matemática” no portal da Capes

N.	Ano da publicação	Tipo de trabalho	Autor	Título
01	2007	Artigo	Gontijo, Cleyton Hércules	Criatividade em matemática: identificação e promoção de talentos criativos
02	2008	Recurso textual	Moser, Fernanda	O uso de desafios: motivação e criatividade nas aulas de matemática
03	2009	Artigo	Gontijo, Cleyton Hércules; Fleith, Denise de Souza	Motivação e criatividade em matemática: um estudo comparativo entre alunas e alunos do ensino médio
04	2012	Artigo	Otaviano, Alessandra Barbosa Nunes; Alencar, Eunice Maria Lima Soriano; Fukuda, Cláudia Cristina	Estímulo à criatividade por professores de matemática e motivação do aluno
05	2012	Artigo	Gontijo, Cleyton Hércules; Silva, Erondina Barbosa; Carvalho, Rosália Policarpo Fagundes	A criatividade e as situações didáticas no ensino e aprendizagem da matemática
06	2013	Artigo	Mendes, Iran Abreu	Cognição e criatividade na investigação em história da matemática: contribuições para a educação matemática
07	2014	Recurso textual	Samuel, Lucius Rafael Sichonany	Uma análise sobre como um grupo de professores de ciências e matemática compreende o papel da intuição e da criatividade em suas práticas docentes
08	2015	Artigo	Brolezzi, Antonio Carlos	Criatividade, empatia e imaginação em Vygotsky: ideias para trabalhar com resolução de problemas em matemática

09	2017	Artigo	Ferreira, Denise Helena Lombardo	Criatividade, tecnologia e modelagem matemática na sala de aula
10	2017	Artigo	Amaral, Nuno; Carreira, Susana	A criatividade matemática nas respostas de alunos participantes de uma competição de resolução de problemas
11	2018	Artigo	Pinho, José Luiz Rosas; Moretti, Méricles Thadeu	Estimulando a criatividade em matemática em sala de aula através da formulação e resolução de problemas em geometria
12	2019	Artigo	Nunes, Célia Barros; Costa, Manoel dos Santos; Talher, Marianne Santos	As dimensões da criatividade no contexto da resolução de problemas matemáticos
13	2020	Artigo	Samuel, Lucius Rafael Sichonany; Harres, João Batista Siqueira	Considerações preliminares sobre criatividade e educação em ciências e matemática
14	2020	Artigo	Rodrigues, Aldina Conceição; Catarino, Paula Maria Machado Cruz; Aires, Ana Paula Florêncio; Campos, Helena Maria Barros	Concepções de criatividade matemática: um estudo de caso no 3º ciclo do ensino básico português
15	2020	Artigo	Pontes, Edel Alexandre Silva	A matemática na educação infantil: um olhar educacional sob a ótica da criatividade
16	2021	Artigo	Gontijo, Cleyton Hércules; Fonseca, Mateus Gianni; Carvalho, Alexandre Tolentino; Bezerra, Wesley Well Vicente	Criatividade em matemática: alguns elementos históricos na constituição do campo de pesquisa e de intervenção pedagógica
17	2021	Artigo	Viana, Elvis Ricardo; Vertuan, Rodolfo Eduardo	Modelagem matemática e criatividade: algumas confluências

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Nesses artigos, a criatividade matemática foi explorada sob distintos pontos de vista.

Otaviano, Alencar e Fukuda (2012) investigaram a percepção de alunos do ensino médio quanto à utilização de práticas pedagógicas facilitadoras ao desenvolvimento da criatividade por parte de seus professores de Matemática em sala de aula e o impacto dessas estratégias sobre o interesse, a motivação e o rendimento escolar dos estudantes na disciplina.

Já Amaral e Carreira (2017) analisaram a presença da criatividade matemática nos registros escritos de alunos do ensino fundamental em Portugal participantes de uma competição de resolução de problemas.

Gontijo, Fonseca, Carvalho e Bezerra (2021), por sua vez, forneceram um panorama histórico acerca da gênese e do desenvolvimento da criatividade em Matemática enquanto campo de pesquisa.

Nos demais trabalhos, nota-se a presença dessa temática e sua relação com o modelo de perspectiva de sistemas de Csikszentmihalyi, a teoria das situações didáticas de Brousseau, a História da Matemática, o trabalho de Vygotsky, a modelagem matemática, a formulação e a resolução de problemas e a motivação do aluno para o aprendizado da Matemática. Apenas duas pesquisas contemplaram o papel da criatividade nas práticas docentes do professor de Matemática, mas não há menção ao ensino do conceito de função.

3. Na base de dados SciELO, houve a ocorrência de 2 resultados para a busca avançada por “criatividade AND matemática”: o artigo de Otaviano, Alencar e Fukuda (2012) e o artigo de Amaral e Carreira (2017), os quais já foram citados no quadro anterior.

Ainda na plataforma SciELO, merece destaque um vasto leque de estudos das pesquisadoras Eunice Maria Lima Soriano de Alencar, Denise de Souza Fleith, Solange Muglia Wechsler, Albertina Mitjás Martínez e Tatiana de Cássia Nakano (e seus orientandos), os quais abordam a criatividade no contexto educacional em seus vários níveis (ensino fundamental, ensino médio e ensino superior). Dentre eles, podemos citar trabalhos cujo foco de interesse possui algum tipo de intersecção com temas a serem tratados no presente trabalho, tais como o estímulo à expressão criativa por parte de professores universitários sob a ótica de alunos do ensino superior (ALENCAR, 1997), a construção e a validação de um instrumento para medir barreiras à criatividade pessoal entre estudantes universitários (ALENCAR, 1999), o perfil do professor facilitador e do professor inibidor da criatividade de acordo com estudantes de pós-graduação (ALENCAR, 2002), barreiras à criatividade pessoal entre professores dos ensinos fundamental, médio e superior (ALENCAR; FLEITH, 2003b), o estímulo à criatividade na perspectiva de alunos e professores de um curso de Enfermagem (SILVA; ALENCAR, 2003), o estado da arte da produção brasileira em criatividade (WECHSLER; NAKANO, 2003; NAKANO; WECHLSER, 2007), a construção e a validação de um instrumento para medir práticas docentes que favorecem o desenvolvimento da criatividade no ensino superior sob a

percepção de estudantes universitários (ALENCAR; FLEITH, 2004), fatores facilitadores e inibidores da criatividade na prática docente de professores de Geografia dos anos finais do ensino fundamental (CARVALHO; ALENCAR, 2004), a construção e a validação de uma escala sobre o clima para criatividade em sala de aula nos anos iniciais do ensino fundamental (FLEITH; ALENCAR, 2005), a criatividade no trabalho docente segundo a percepção de professores de História dos anos finais do ensino fundamental (MARIANI; ALENCAR, 2005), a relação entre o sentido subjetivo da criatividade para o professor e a sua prática pedagógica (MOURÃO; MARTÍNEZ, 2006), o estímulo à criatividade na perspectiva de alunos e professores de um curso de Pedagogia (SOUZA; ALENCAR, 2006), a percepção de alunos dos anos iniciais do ensino fundamental quanto ao clima em sala de aula para a criatividade (FLEITH; ALENCAR, 2006), o estudo da criatividade no contexto educacional brasileiro ao longo de três décadas de pesquisa (ALENCAR, 2007), a criatividade na formação e na atuação de professores de um curso de Letras (OLIVEIRA; ALENCAR, 2007), o estímulo à criatividade em cursos de licenciatura das áreas de Ciências Exatas, Ciências Humanas e Educação Física sob a ótica de professores e de seus licenciandos (RIBEIRO; FLEITH, 2007), a percepção de professores dos anos iniciais do ensino fundamental sobre as barreiras à promoção da criatividade de seus alunos em sala de aula (ALENCAR, FLEITH, 2008), a relação entre o tempo de docência e o tipo de escola na promoção da criatividade escolar por parte de professores do ensino fundamental e a percepção dos alunos desses professores quanto ao clima em sala de aula para a criatividade (CASTRO; FLEITH, 2008), o levantamento de pesquisas brasileiras sobre criatividade sob a ótica de professores (NAKANO, 2009), a validação de uma escala de práticas docentes que favorecem o desenvolvimento da criatividade no ensino superior sob a percepção de professores universitários (ALENCAR; FLEITH, 2010a), fatores inibidores à criatividade em sala de aula segundo professores das áreas de Ciências Humanas e Ciências Sociais do ensino superior (ALENCAR; FLEITH, 2010b), a percepção de alunos do ensino médio a respeito da criatividade pessoal, de colegas e professores e da presença de práticas docentes facilitadoras da criatividade em sala de aula (ALMEIDA; ALENCAR, 2010), a implementação e os resultados de programas de treinamento em criatividade (NAKANO, 2011), a validação de uma escala de clima para criatividade em sala de aula nas disciplinas de Língua Portuguesa e Matemática dos anos iniciais do ensino fundamental (FLEITH; ALMEIDA; PEIXOTO, 2011), a análise de publicações periódicas e trabalhos de pós-graduação na área de Psicologia a respeito da criatividade no contexto educacional (SILVA; NAKANO, 2012), efeitos de um programa de treinamento em criatividade para professoras em

alunos do ensino fundamental (SANTOS; FLEITH, 2015) e relações entre motivação, estilos cognitivos e percepção de práticas pedagógicas promotoras de criatividade utilizadas por professores entre estudantes de Pedagogia e de licenciatura em Matemática (ALENCAR; FLEITH, 2016).

Entre os instrumentos utilizados nas coletas de dados para tais investigações podemos mencionar, entre outros, o inventário de incentivo à criatividade no contexto universitário, o inventário de identificação de barreiras à criatividade pessoal, o questionário de avaliação de procedimentos docentes, o inventário de práticas docentes para a promoção da criatividade no ensino superior, a escala sobre clima para a criatividade em sala de aula, o *checklist* de barreiras à promoção da criatividade em sala de aula, a escala de avaliação de criatividade, a escala de motivação em Matemática, a escala de avaliação do nível de criatividade, a escala de avaliação de motivação para o aprendizado de alunos dos ensinos fundamental e superior, a escala de motivação para aprender e a escala de estilos cognitivos para a criatividade.

Além desse levantamento inicial, fizemos uma busca na Internet por meio do *Google Acadêmico* e uma consulta a artigos referentes aos temas contemplados por nossa pesquisa em dois dos principais periódicos científicos nacionais da área de Educação Matemática – Boletim de Educação Matemática – *Bolema* (Unesp, *Campus* Rio Claro) e *Zetetiké* (Unicamp) –, avaliados com conceitos A1 e A2, respectivamente, na área de Ensino segundo o Qualis da Capes no quadriênio 2013-2016.

No *Google Acadêmico*, a partir de uma pesquisa em importantes periódicos internacionais das áreas de Educação Matemática e criatividade em Matemática, encontramos vários estudos no que concerne à temática das percepções e concepções de professores de Matemática a respeito da criatividade e o impacto dessas crenças em suas práticas pedagógicas. Tais publicações discutiam ainda definições de criatividade, traços de personalidade e habilidades associados à criatividade no ambiente escolar, concepções de ensino criativo, atitudes dos professores em relação ao estímulo à atividade criativa dos alunos na escola, fatores facilitadores e inibidores de práticas de aprimoramento da criatividade dos alunos, programas de treinamento em criatividade para professores, entre outros temas. Dentre esses trabalhos consultados, merecem destaque o estudo de Chan e Chan (1999) a respeito das percepções de professores acerca das características de alunos criativos em Hong Kong, o estudo de Tan (2001) sobre as percepções de professores de Singapura no que concerne a atividades de promoção de criatividade em sala de aula, um programa de treinamento em resolução criativa de problemas na formação de futuros professores de Matemática do ensino médio na Turquia

desenvolvido por Kandemir e Gür (2007), o estudo de Kattou, Kontoyianni e Christou (2009) sobre as percepções de professores do ensino fundamental do Chipre acerca da criatividade em Matemática, o estudo de Cachia e Ferrari (2010) com professores de 32 países da União Europeia e suas percepções sobre criatividade, o estudo de Bolden, Harries e Newton (2010) com pedagogos interessados em lecionar Matemática nos anos iniciais do ensino fundamental no Reino Unido e suas concepções acerca da criatividade em Matemática, a pesquisa de Shriki e Lavy (2012) acerca das concepções de criatividade matemática por parte de professores em serviço cursando Mestrado em Educação em Israel, um estudo comparativo intercultural de Zhou *et al.* (2013) sobre conceituações de criatividade por professores do Japão, da China e da Alemanha, o estudo de Leikin *et al.* (2013) acerca das percepções de professores do ensino médio sobre criatividade em Matemática em países como Chipre, Índia, Israel, Letônia, México e Romênia, o estudo de Pitta-Pantazi, Sophocleous e Christou (2013) sobre relação entre a criatividade matemática e os estilos cognitivos de futuros professores do ensino fundamental que estudavam na Universidade do Chipre, o estudo de Panaoura e Panaoura (2014) com licenciandos de Matemática no Chipre acerca de suas concepções sobre criatividade matemática e a sua implementação em práticas pedagógicas para o ensino da Matemática, a tese de Bryant (2014) acerca das concepções de criatividade de um grupo de professores de escolas dos ensinos fundamental e médio na Austrália, a tese de Alsahou (2015) acerca das concepções de criatividade de um grupo de professores de Ciências no Kuwait, a investigação de Zioga e Desli (2015) a respeito das percepções de futuros professores e professores em exercício na Grécia sobre a criatividade matemática a partir de tarefas matemáticas para desenvolver o potencial criativo de seus estudantes, o estudo de Niu e Zhou (2016) sobre o papel da criatividade no ensino de Matemática na China, o estudo de Gralewski (2016) acerca das concepções de criatividade de um grupo de professores de escolas do ensino médio na Polônia, o estudo de Aktas (2016) acerca das concepções de criatividade de professores de Matemática de escolas do ensino médio na Turquia, o instrumento desenvolvido por Kettler *et al.* (2018) para avaliar as percepções de professores norte-americanos de Artes, Matemática, Estudos Sociais e Línguas dos ensinos fundamental e médio no tocante a experiências criativas de seus alunos em sala de aula e a escala de ensino criativo criada e validada por Kandemir *et al.* (2019) para medir até que ponto professores de Matemática turcos estabelecem em sala de aula um ambiente de aprendizagem propício para o desenvolvimento do potencial criativo de seus estudantes. Além de tais pesquisas, merece destaque, em particular, o trabalho de Zioga e Desli (2019), os quais desenvolveram um estudo de caso na Grécia com um professor do 4º do ensino fundamental

acerca de suas concepções sobre criatividade matemática antes e depois de sua participação em um programa de promoção à criatividade em ensino de Matemática. A ideia deles era mensurar o impacto de tal programa por meio de questionários e entrevistas aplicadas em dois momentos (antes e depois das atividades), o que se assemelha aos procedimentos de coleta de dados que iremos adotar em nosso trabalho.

Na revista *Zetetiké*, vale a pena ressaltar o estudo desenvolvido por Gontijo (2007c) a respeito de criatividade em Matemática a partir do modelo de perspectiva de sistemas de Csikszentmihalyi. Tal modelo oferece um arcabouço teórico consistente para compreender o funcionamento do processo criativo bem como as estratégias de fomento e avaliação da criatividade em Matemática.

Na revista *Bolema*, podemos mencionar o estudo de Ribeiro (2012) a respeito do conhecimento profissional (matemático e didático) do professor para o ensino do conteúdo de funções. Tal artigo analisa os resultados de várias pesquisas (RIBEIRO, 2007; RIBEIRO; MACHADO, 2009; BARBOSA, 2009; DORIGO, 2010; STEMPIAK, 2010) sobre os diferentes significados e representações do conceito de função na perspectiva de professores de Matemática, alunos de ensino médio e licenciandos em Matemática, reconhecendo convergências e potencialidades que podem ser exploradas pelo professor de Matemática para ampliar o seu conhecimento a respeito desse importante tópico no currículo da educação básica e também do ensino superior. O mesmo autor, posteriormente, fez uma revisão de literatura sobre essa temática (PAZUCH; RIBEIRO, 2017) e ampliou o foco da pesquisa para estudar a utilização de tarefas de aprendizagem profissional em sala de aula sobre o conceito de função na formação do professor e do formador do professor que ensina Matemática (RIBEIRO; PONTE, 2019; TREVISAN; RIBEIRO; PONTE, 2020). Tais tarefas fazem parte da metodologia de trabalho do Grupo de Pesquisa Formação Matemática para o Ensino da Universidade Federal do ABC – ForMatE/UFABC, caracterizada por um processo formativo ancorado na prática por meio da utilização de uma atividade matemática de alto nível cognitivo a ser trabalhada em sala de aula por pequenos grupos de alunos e/ou professores, cujos registros escritos são compartilhados ao final por meio de uma discussão coletiva para compartilhar as experiências vivenciadas ao longo dessa atividade.

Nesse mesmo periódico, vale a pena destacar também o trabalho das pesquisadoras Carneiro, Fantinel e Silva (2003), as quais identificaram e descreveram diferentes significados para a noção de função produzidos por alunos formandos no âmbito do curso de licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A partir dos registros escritos

dos licenciandos e tendo por base o Modelo Teórico dos Campos Semânticos, elas elencaram 5 definições para o conceito de função: relação unívoca entre variáveis (representação mais utilizada em livros de Cálculo), relação entre elementos e conjuntos (preferencialmente adotada em livros de Álgebra), transformação geométrica (mais adotada em livros de Geometria), aplicação e diagrama.

Esses trabalhos, juntamente com o estudo de Bisognin, Bisognin e Cury (2010) a respeito dos conhecimentos de professores da educação básica sobre o conceito de função, forneceram relevantes subsídios a serem explorados em nosso trabalho.

Vê-se, pois, a partir do levantamento realizado, que a maioria das produções brasileiras referentes à temática de criatividade no contexto educacional tem como foco alunos e professores de escolas da educação básica. Desse modo, percebe-se que não foram publicados quaisquer trabalhos similares relacionados ao objetivo geral e aos objetivos específicos desta pesquisa, o que garante o seu caráter inovador e a sua relevância acadêmica. Assim, ao investigarmos as potencialidades didático-pedagógicas de uma disciplina sobre as concepções e práticas de um grupo de licenciandos acerca da criatividade em Matemática, objetivamos suprir uma lacuna na produção acadêmica dessa área e contribuir para ampliar a visibilidade deste tema na formação de professores no âmbito da Educação Matemática.

Para aprofundar o cenário em que a presente tese foi desenvolvida, apresentamos a seguir uma revisão bibliográfica da vasta literatura a respeito das temáticas de funções, formação de professores de Matemática, conhecimentos docentes para o ensino da Matemática, criatividade e criatividade em Matemática, com ênfase na trabalho de alguns autores consagrados em cada uma dessas áreas do conhecimento, tendo em vista a aquisição do suporte teórico necessário para os objetivos de nossa pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No presente capítulo apresentamos o arcabouço teórico que sustenta esta pesquisa, enfatizando alguns aspectos da teoria de funções, além dos conhecimentos docentes necessários à prática pedagógica do professor que ensina Matemática e de alguns conceitos de criatividade e de criatividade matemática relevantes para a nossa investigação.

2.1 FUNÇÕES

O presente trabalho está inserido na área de Educação, mais precisamente na subárea de Educação Matemática. Embora tenha, em última instância, a Matemática como *locus* de pesquisa, a Educação Matemática não faz parte das Ciências Exatas. Trata-se, na verdade, de uma área multidisciplinar e interdisciplinar do conhecimento cujo objeto de estudo é a compreensão, interpretação e descrição de fenômenos referentes ao ensino e à aprendizagem da Matemática, além de ser um campo científico e profissional de investigação e de produção de conhecimentos (FIORENTINI; LORENZATO, 2012).

Nesse contexto, situa-se o nosso objeto matemático envolvido na investigação – o estudo de funções. Tal conteúdo ocupa uma posição central na organização curricular de Matemática no 9º ano do ensino fundamental e nos três anos do ensino médio, além de ser pré-requisito para Cálculo 1, primeira disciplina de Matemática para ingressantes em diversos cursos de graduação das áreas de Ciências Exatas, Biológicas e Sociais. Ainda que tal tema seja um tópico relevante da matemática pura, com vasta literatura a respeito, estamos mais interessados nas várias abordagens e representações com que esse conceito é ensinado ao longo do percurso formativo dos estudantes desde a educação básica até o ensino superior.

Do ponto de vista intuitivo, definimos uma **função** f de A em B , em que A e B são conjuntos quaisquer, como sendo uma regra (também chamada de correspondência ou lei de formação) que a cada elemento $x \in A$ associa um único elemento $y \in B$.

Do ponto de vista formal, uma função f de A em B , representada por $f: A \rightarrow B$, é uma relação que obedece às seguintes condições:

- i) Para todo $x \in A$, existe $y \in B$ tal que $y = f(x)$;
- ii) Se $x \in A$ é tal que $f(x) = y$ e $f(x) = t$, com $y, t \in B$, então $y = t$.

Nesse caso, o conjunto de partida A é chamado de **domínio** da função, o conjunto de chegada B é chamado de **contradomínio** da função, x é a **variável independente**, y é a **variável dependente** e $f(x)$ é o valor da função f em x ou a **imagem** de x por f .

Além da definição formal, uma função f de A em B admite outras representações como, por exemplo, a verbal (por meio de palavras na língua materna) e a relacional (por meio de pares ordenados (x, y) , em que $x \in A$ e $y \in B$). Outras representações importantes são descritas no modelo matemático para o ensino do conceito de função proposto por Santos e Barbosa (2016, 2017) a partir de um estudo com professores e de uma análise de livros didáticos, a saber:

1. Tabular (numérica): aquela em que a relação funcional é expressa por meio de uma tabela de valores com duas colunas, em que cada dado de entrada (1ª coluna) está relacionado a um único dado de saída (2ª coluna);
2. Diagrama: aquela em que a relação funcional é expressa por meio de uma correspondência entre dois conjuntos dispostos em diagramas de Venn, em que cada elemento do conjunto de partida “emite uma única flecha” para o elemento do conjunto de chegada a ele correspondente;
3. Algébrica: aquela em que a relação funcional é expressa por meio de uma fórmula explícita do tipo $y = f(x)$;
4. Gráfica: aquela em que a relação funcional é expressa pelo gráfico da função a partir dos dados obtidos por meio de uma tabela, diagrama ou fórmula;
5. Máquina de transformação: aquela em que a relação funcional é expressa por meio da analogia com uma máquina que transforma cada dado de entrada em um único dado de saída, obedecendo a uma regra pré-definida;
6. Generalização de padrões: aquela em que a relação funcional é expressa por meio de um texto declarativo ou simbólico, em que a lei de associação é obtida a partir de informações provenientes de uma sequência de casos particulares que permitem identificar um padrão de regularidade.

Em virtude do alcance de suas múltiplas representações, tal objeto matemático é utilizado em uma ampla gama de aplicações em Arquitetura, Biologia, Computação, Demografia, Ecologia, Economia, Engenharia, Estatística, Finanças, Física, Medicina, Química, entre outras áreas do conhecimento, como ferramenta para explicar fenômenos do mundo real que envolvam relações de dependência entre duas ou mais variáveis. Em tempos de pandemia de Covid-19, um exemplo recente é a utilização do conceito de função exponencial

em modelos matemáticos que medem a velocidade de propagação do novo coronavírus e predizem o número de pacientes infectados, recuperados e mortos em função do tempo.

Conforme atestam os documentos curriculares oficiais (DISTRITO FEDERAL, 2014b, p. 96; DISTRITO FEDERAL, 2014c, p. 44-46; BRASIL, 2018a, p. 316), o ensino de funções é introduzido no 9º ano do ensino fundamental (conceito e representações algébrica, numérica e gráfica de uma função, equações e funções polinomiais do 1º e 2º graus) e permeia todo o ensino médio (no 1º ano é feito um aprofundamento do conteúdo de funções do 9º ano, no 2º ano são estudadas as funções exponencial, logarítmica e trigonométricas e no 3º ano é realizado um estudo de equações e funções polinomiais de grau arbitrário). O quadro a seguir sintetiza as principais funções estudadas no ensino médio e os seus respectivos modelos característicos.

Quadro 4 – Principais funções estudadas no ensino médio

Função	Lei de Formação	Modelos característicos
Afim (e seus casos particulares: linear, identidade e constante)	$f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, f(x) = ax + b$ $(a, b \in \mathbb{R})$ $g: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, g(x) = ax$ $(a \in \mathbb{R})$ $h: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, h(x) = x$ $i: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, i(x) = b (b \in \mathbb{R})$	Imposto de renda a pagar em função da renda (com base na alíquota e na parcela a deduzir conforme diretrizes da Receita Federal), tarifa de um táxi, equação horária do movimento uniforme (velocidade constante), proporcionalidade, salário total (salário fixo + comissão), custo total (custo fixo + custo variável)
Quadrática	$f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R},$ $f(x) = ax^2 + bx + c$ $(a, b, c \in \mathbb{R}, a \neq 0)$	Modelos econômicos (receita em função do preço de venda de um produto, lucro em função do número de unidades produzidas de um bem), equação horária do movimento uniformemente variado (aceleração constante): queda de um corpo no vácuo, lançamento de um projétil sob ação exclusiva da gravidade (desprezando a resistência do ar)
Trigonômicas (seno e cosseno)	$f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, f(x) = \text{sen}x$ $g: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}, g(x) = \text{cos}x$ (as demais funções trigonométricas elementares são construídas a partir das funções seno e cosseno)	Fenômenos de natureza periódica, oscilatória ou vibratória (movimento dos planetas, corrente elétrica alternada, batimentos cardíacos, circulação do sangue)
Exponencial	$f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}_+, f(x) = a^x$ $(a \in \mathbb{R}, a > 0, a \neq 1)$	Propagação da Covid-19 (sem medidas preventivas), crescimento de uma população de bactérias, decaimento radioativo, montante de um capital inicial aplicado a juros compostos capitalizados continuamente
Logarítmica	$f: \mathbb{R}_+^* \rightarrow \mathbb{R}, f(x) = \log_a x$ $(a \in \mathbb{R}, a > 0, a \neq 1)$	

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

A importância desse tópico ao longo da educação básica é ratificada pela BNCC. De acordo com esse documento, são competências específicas de Matemática para o ensino fundamental, entre outras,

utilizar processos e ferramentas matemáticas, inclusive tecnologias digitais disponíveis, para modelar e resolver problemas cotidianos, sociais e de outras áreas de conhecimento, validando estratégias e resultados, e enfrentar situações-problema em múltiplos contextos, incluindo-se situações imaginadas, não diretamente relacionadas com o aspecto prático-utilitário, expressar suas respostas e sintetizar conclusões, utilizando diferentes registros e linguagens (gráficos, tabelas, esquemas, além de texto escrito na língua materna e outras linguagens para descrever algoritmos, como fluxogramas, e dados (BRASIL, 2018a, p. 267).

E uma das habilidades preconizadas é

compreender as funções como relações de dependência unívoca entre duas variáveis e suas representações numérica, algébrica e gráfica e utilizar esse conceito para analisar situações que envolvam relações funcionais entre duas variáveis (BRASIL, 2018a, p. 317).

No que tange ao ensino médio, observa-se também que as competências e habilidades a serem desenvolvidas pelo aluno em Matemática devem se pautar pela contextualização e interdisciplinaridade de conteúdos, investigação, construção de modelos e resolução e formulação de problemas. De fato, entre as competências específicas de Matemática para a etapa final da educação básica estão

(a) utilizar estratégias, conceitos, definições e procedimentos matemáticos para interpretar, construir modelos e resolver problemas em diversos contextos, analisando a plausibilidade dos resultados e a adequação das soluções propostas, de modo a construir argumentação consistente; (b) compreender e utilizar, com flexibilidade e precisão, diferentes registros de representação matemáticos (algébrico, geométrico, estatístico, computacional etc.), na busca de solução e comunicação de resultados de problemas; e (c) investigar e estabelecer conjecturas a respeito de diferentes conceitos e propriedades matemáticas, empregando estratégias e recursos, como observação de padrões, experimentações e diferentes tecnologias, identificando a necessidade, ou não, de uma demonstração cada vez mais formal na validação das referidas conjecturas (BRASIL, 2018a, p. 531).

No tocante ao pensamento algébrico e, em particular, ao conteúdo de funções, há várias habilidades contempladas neste documento, conforme o quadro a seguir (BRASIL, 2018a, p. 533-541):

Quadro 5 – Habilidades associadas ao conteúdo de funções na BNCC

Habilidade	Descrição
EM13MAT101	Interpretar criticamente situações econômicas, sociais e fatos relativos às Ciências da Natureza que envolvam a variação de grandezas, pela análise dos gráficos das funções representadas e das taxas de variação, com ou sem apoio de tecnologias digitais.

EM13MAT301	Resolver e elaborar problemas do cotidiano, da Matemática e de outras áreas do conhecimento, que envolvem equações lineares simultâneas, usando técnicas algébricas e gráficas, com ou sem apoio de tecnologias digitais.
EM13MAT302	Construir modelos empregando as funções polinomiais de 1° ou 2° graus, para resolver problemas em contextos diversos, com ou sem apoio de tecnologias digitais.
EM13MAT303	Interpretar e comparar situações que envolvam juros simples com as que envolvem juros compostos, por meio de representações gráficas ou análise de planilhas, destacando o crescimento linear ou exponencial de cada caso.
EM13MAT304	Resolver e elaborar problemas com funções exponenciais nos quais seja necessário compreender e interpretar a variação das grandezas envolvidas, em contextos como o da matemática financeira, entre outros.
EM13MAT305	Resolver e elaborar problemas com funções logarítmicas nos quais seja necessário compreender e interpretar a variação das grandezas envolvidas, em contextos como os de abalos sísmicos, pH, radioatividade, matemática financeira, entre outros.
EM13MAT306	Resolver e elaborar problemas em contextos que envolvem fenômenos periódicos reais (ondas sonoras, fases da lua, movimentos cíclicos, entre outros) e comparar suas representações com as funções seno e cosseno, no plano cartesiano, com ou sem apoio de aplicativos de álgebra e geometria.
EM13MAT401	Converter representações algébricas de funções polinomiais de 1° grau em representações geométricas no plano cartesiano, distinguindo os casos nos quais o comportamento é proporcional, recorrendo ou não a <i>softwares</i> ou aplicativos de álgebra e geometria dinâmica.
EM13MAT402	Converter representações algébricas de funções polinomiais de 2° grau em representações geométricas no plano cartesiano, distinguindo os casos nos quais uma variável for diretamente proporcional ao quadrado da outra, recorrendo ou não a <i>softwares</i> ou aplicativos de álgebra e geometria dinâmica, entre outros materiais.
EM13MAT403	Analisar e estabelecer relações, com ou sem apoio de tecnologias digitais, entre as representações de funções exponencial e logarítmica expressas em tabelas e em plano cartesiano, para identificar as características fundamentais (domínio, imagem, crescimento) de cada função.
EM13MAT404	Analisar funções definidas por uma ou mais sentenças (tabela do Imposto de Renda, contas de luz, água, gás etc.), em suas representações algébrica e gráfica, identificando domínios de validade, imagem, crescimento e decrescimento, e convertendo essas representações de uma para outra, com ou sem apoio de tecnologias digitais.

EM13MAT405	Utilizar conceitos iniciais de uma linguagem de programação na implementação de algoritmos escritos em linguagem corrente e/ou matemática.
EM13MAT501	Investigar relações entre números expressos em tabelas para representá-los no plano cartesiano, identificando padrões e criando conjecturas para generalizar e expressar algebricamente essa generalização, reconhecendo quando essa representação é de função polinomial de 1º grau.
EM13MAT502	Investigar relações entre números expressos em tabelas para representá-los no plano cartesiano, identificando padrões e criando conjecturas para generalizar e expressar algebricamente essa generalização, reconhecendo quando essa representação é de função polinomial de 2º grau do tipo $y = ax^2$.
EM13MAT503	Investigar pontos de máximo ou de mínimo de funções quadráticas em contextos envolvendo superfícies, matemática financeira ou cinemática, entre outros, com apoio de tecnologias digitais.
EM13MAT507	Identificar e associar progressões aritméticas (PA) a funções afins de domínios discretos, para análise de propriedades, dedução de algumas fórmulas e resolução de problemas.
EM13MAT508	Identificar e associar progressões geométricas (PG) a funções exponenciais de domínios discretos, para análise de propriedades, dedução de algumas fórmulas e resolução de problemas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

2.2 A FORMAÇÃO DE PROFESSORES PARA O SÉCULO XXI

A formação inicial de professores é uma etapa primordial para que o licenciando construa os conhecimentos necessários à sua prática docente, os quais serão aperfeiçoados durante a sua formação continuada. Trata-se de um tema recorrente nas pesquisas educacionais tanto no cenário nacional quanto no internacional. Dentre esses estudos, vale a pena mencionar os trabalhos de Gatti (2014) e de Gatti, Barreto, André e Almeida (2019) em que foram elaborados um panorama do tipo estado da arte a respeito dessa temática. Por meio de dados quantitativos e qualitativos, tais pesquisas destacaram vários problemas que afetam a formação dos nossos licenciandos atualmente, a saber: a proliferação de cursos de educação a distância em instituições de ensino privadas; o descaso histórico das universidades com os cursos de formação de professores; a dissociação entre teoria e prática, evidenciada pela noção de que a responsabilidade de formação do professor é apenas das faculdades de Educação, cabendo às unidades acadêmicas ensinar os conteúdos específicos; a escassez de professores nas unidades

acadêmicas para atuar nas licenciaturas, os quais, em muitos casos, não têm formação ou experiência para lecionar disciplinas de cunho pedagógico; projetos pedagógicos não atualizados e carentes de integração entre os conteúdos específicos das disciplinas e os conteúdos pedagógicos e metodológicos referentes à formação docente; o distanciamento entre os cursos de licenciatura das universidades e as escolas de ensino básico da rede pública; estágios supervisionados apenas no último ano do curso, sem acompanhamento sistemático por parte do orientador da trajetória do aluno; disciplinas pedagógicas centradas na teoria em detrimento da formação em um contexto prático e articulado com a realidade profissional; e o perfil preocupante dos alunos ingressantes nos cursos de licenciatura (enquanto poucos estão nos cursos por vocação ou motivação em exercer a docência, muitos temem a sala de aula e a realidade das escolas, os baixos salários e as precárias condições de trabalho, responsáveis pelo alto índice de evasão e pela pouca procura pelos cursos de licenciatura).

Nesse contexto, é preciso repensar e ressignificar a prática docente no tocante à formação de professores para o século XXI e, em particular, à formação inicial e continuada do docente que ensina Matemática. Há uma vasta literatura nacional e estrangeira a respeito desse assunto, sendo que o trabalho de alguns autores merece destaque por enfatizar algumas das competências fundamentais que devem pautar a formação e o trabalho do professor no mundo contemporâneo, das quais destacamos a reflexão e a investigação sobre a própria prática pedagógica, o desenvolvimento e a identidade profissional do professor e o conhecimento profissional docente.

A ideia de professor reflexivo de sua própria prática tem sido amplamente discutida por vários autores (SCHÖN, 1983, 1987, 1995; ELBAZ, 1983; ZEICHNER, 1993; PÉREZ-GÓMEZ, 1995; GARCÍA, 1995, 1999; NÓVOA, 1995; ALARCÃO, 1996; PEREZ, 1999, 2012; ROLDÃO, 2007; IMBERNÓN, 2009, 2010; TARDIF, 2014). Dentre eles, merece destaque o trabalho de Schön (1983, 1987, 1995), considerado um dos precursores desse conceito na literatura. Segundo ele, em sua prática docente, o professor deve ensinar e pensar sobre o ensinar, durante a prática (reflexão na ação) e depois da prática (reflexão sobre a ação e reflexão sobre a reflexão na ação), adotando uma postura crítica e aberta a outras técnicas, valores e situações além daquelas rotineiras presentes em seu trabalho docente. Zeichner (1993), por sua vez, estende o conceito de professor reflexivo de Schön para a figura do professor-pesquisador, o qual pesquisa sobre a sua prática docente e a dos outros em sala de aula no intuito de aprimorá-la.

Já no campo da formação e profissionalização docente, García (1995, p. 55) destaca que a noção de desenvolvimento profissional representa uma continuidade da trajetória do docente, parecendo superar a tradicional justaposição entre a formação inicial e o aperfeiçoamento dos professores. Particularizando essa temática no âmbito da formação do professor de Matemática, Ponte (1998, p. 2) entende que a capacitação do professor para o exercício da sua atividade profissional é um processo contínuo que envolve várias etapas ao longo de toda a carreira e que, em última análise, está sempre incompleto. Segundo ele, uma das diferenças entre formação e desenvolvimento profissional é que na formação profissional o movimento é essencialmente de fora para dentro, cabendo ao professor assimilar os conhecimentos e a informação que lhe são ensinados, enquanto no desenvolvimento profissional tem-se um movimento de dentro para fora, cabendo ao professor as decisões fundamentais relativamente às questões que quer considerar, aos projetos que quer empreender e ao modo como os quer executar. Além disso, um professor, para exercer adequadamente a sua atividade profissional, tem de ter bons conhecimentos de sua área de conhecimento; conhecer em profundidade o currículo e ser capaz de o recriar de acordo com a sua situação de trabalho; conhecer o aluno e a aprendizagem; dominar os processos de instrução, os diversos métodos e técnicas, relacionando-os com os objetivos e conteúdos curriculares; conhecer bem o seu contexto de trabalho (a escola e o sistema educativo); e conhecer-se a si mesmo como profissional.

No tocante ao conhecimento profissional docente, Roldão (2007) e Tardif (2014) analisam os saberes, competências e habilidades efetivamente mobilizados pelos professores da educação básica em sua prática docente no dia a dia da sala de aula, ressaltando a natureza, a construção, o papel e o peso desses saberes em relação aos demais conhecimentos que marcam a atividade educativa (os conhecimentos científicos do mundo acadêmico que servem de base às matérias ensinadas na escola e os conhecimentos curriculares incorporados aos programas escolares) e a influência dos saberes experienciais advindos de uma bagagem de vida, do trabalho cotidiano em sala de aula e do conhecimento do ambiente escolar para moldar o saber específico do professor e sua prática docente em sala de aula.

Nesse contexto, vale a pena ressaltar a contribuição do professor da Universidade de Stanford Lee Shulman (1986, 1987), pioneiro ao enfatizar a importância de o professor reconhecer um repertório de diferentes saberes interrelacionados necessários para a docência, destacando sete categorias de conhecimentos básicos essenciais que devem ser contemplados pelo professor em sua rotina de sala de aula para uma prática docente significativa: o **conhecimento do conteúdo específico** a ser ministrado (correspondente a um amplo domínio

teórico daquilo que ele vai lecionar), o **conhecimento pedagógico geral** para ensiná-lo (englobando habilidades e estratégias didáticas de planejamento, organização e gerenciamento da sala de aula para ensinar um tópico e ajudar os alunos na aquisição do conhecimento), o **conhecimento pedagógico do conteúdo** (em inglês, *pedagogical content knowledge* – PCK, ou seja, o conhecimento do conteúdo para o ensino, proveniente da prática docente na sala de aula, integrando o conhecimento pedagógico geral ao conhecimento do conteúdo específico a ser lecionado e contemplando um leque de competências e métodos de ensino apropriados para tornar o conteúdo mais compreensível e interessante para os alunos), o **conhecimento do currículo** (em particular, de materiais, recursos educacionais e programas para nortear o trabalho docente), o **conhecimento dos alunos e de suas características cognitivas de aprendizagem**, o **conhecimento dos contextos educacionais** (relacionado ao local onde se ensina e ao público a quem se ensina) e o **conhecimento dos propósitos, finalidades e valores educativos** (além de seus fundamentos filosóficos, históricos, sociais e culturais).

Antes da perspectiva de Shulman, o conhecimento específico e o conhecimento pedagógico eram tratados como componentes dissociados nos cursos de formação inicial de professores no que concerne aos saberes docentes. A partir da introdução da ideia seminal do PCK por Shulman, tais conhecimentos foram integrados e passaram a ser analisados em sua intersecção, naquilo que Shulman (1987, p. 8) descreveu como “aquele amálgama especial entre conteúdo e pedagogia que é exclusivamente da competência dos professores e constitui sua própria forma especial de entendimento profissional da disciplina”, ou seja, o conjunto das melhores técnicas didáticas, baseadas em pesquisa, destinadas a tornar mais acessível o conteúdo para os alunos (MOREIRA; DAVID, 2003, p. 69).

À luz dos autores mencionados, vê-se, pois, a importância da formação inicial do professor para a construção de sua identidade profissional. Na próxima seção, vamos restringir nossa atenção ao processo formativo do professor de Matemática no Brasil.

2.3 A FORMAÇÃO DO PROFESSOR DE MATEMÁTICA NO BRASIL

A formação de professores de Matemática no cenário nacional é um tema recorrente no âmbito das pesquisas em Educação Matemática e em Ensino da Matemática, razão pela qual há um grupo de trabalho da SBEM específico voltado à essa temática – o GT 7, intitulado Formação de Professores que Ensinam Matemática.

Nesse contexto, destacam-se vários estudos (D'AMBROSIO, 1993; PEREZ, 1999, 2012; FIORENTINI *et al.*, 2002; FIORENTINI, 2003, 2005; FERREIRA, 2003; MOREIRA, DAVID, 2003, 2005, 2010; FREITAS *et al.*, 2005; VARIZO, 2008; MIZUKAMI, 2008; PAIVA, 2008; GATTI, 2009; MANRIQUE, 2009; MOREIRA, 2012; ALBUQUERQUE, GONTIJO, 2013; MOREIRA, FERREIRA, 2013; FIORENTINI, OLIVEIRA, 2013) a respeito da formação inicial e continuada de professores (e formadores de professores) que ensinam Matemática atualmente vigente em nosso país, em todos os níveis e modalidades de ensino, com foco no tripé prática reflexiva e investigativa, conhecimentos docentes e desenvolvimento profissional.

Tendo por base os trabalhos de García (1995) e Ponte (1998), Perez (1999, 2012) reforça a tese de que as crenças, os valores, as concepções, as atitudes e os sentimentos que os professores têm a respeito do processo de ensino, aprendizagem e avaliação da Matemática influenciam sua prática em sala de aula na forma como selecionam e ensinam determinado conteúdo. Além disso, ele enfatiza a importância do trabalho colaborativo na prática docente, o qual favorece a troca de experiências e o aprendizado com os pares, em contraponto ao trabalho solitário e individual do professor do ensino tradicional.

Por sua vez, Moreira e David (2003, 2005, 2010) e Lorenzato (2006) analisam o conhecimento matemático na formação do professor de Matemática, reforçando a diferença e o hiato entre a matemática acadêmica (caracterizada pelo rigor, exatidão, abstração, generalização e raciocínio lógico-dedutivo, é aquela que faz parte do currículo da licenciatura, é ensinada na universidade e é objeto de trabalho do matemático profissional, aquele que prova teoremas e produz novos conhecimentos matemáticos) e a matemática escolar (relacionada a técnicas e ferramentas de aprendizagem e ao ensino, é aquela que não faz parte do currículo da licenciatura, é ensinada na escola e é objeto de trabalho do professor de Matemática da educação básica em sua ação pedagógica em sala de aula). Eles defendem a ideia de que o processo de constituição da matemática escolar ultrapassa tanto a ideia de transposição didática, regulada pela matemática acadêmica e pela didática, quanto a de uma construção totalmente endógena à escola.

Seguindo a mesma linha de pensamento, Moreira (2012), Moreira e Ferreira (2013) e Fiorentini e Oliveira (2013) questionam o lugar das matemáticas (acadêmica e escolar) em relação às práticas formativas na estrutura curricular da licenciatura em Matemática, ressaltando a desarticulação entre a formação matemática específica recebida no curso de licenciatura, a formação didático-pedagógica e a prática profissional do professor em sala de aula. Isso se deve

ao fato de a matemática escolar não ser ensinada durante a graduação, o que leva o futuro professor de Matemática para a educação básica a basear suas aulas nos livros didáticos. Para Albuquerque e Gontijo (2013), é necessária uma formação docente que favoreça a apropriação de saberes que vão além do domínio do conhecimento específico de Matemática para o domínio de ideias e processos pedagógicos visando a construção do saber matemático escolar.

Varizo (2008), por sua vez, chama a atenção para a desarticulação entre as disciplinas do campo da Educação Matemática com as práticas de ensino e os estágios supervisionados nos cursos de licenciatura em Matemática.

Segundo Gatti (2009), os cursos de licenciatura em Matemática no Brasil têm privilegiado disciplinas de formação específica do bacharelado em Matemática (Cálculo Diferencial e Integral, Equações Diferenciais, Topologia, Teoria dos Números, Variável Complexa, Álgebra Linear, Análise, Álgebra, Probabilidade, entre outras) em detrimento de disciplinas pedagógicas e disciplinas do campo da Educação Matemática. Estudo de Gatti *et al.* (2012) revelou que, em média, nos cursos de licenciatura em Matemática apenas 11% do tempo era dedicado à formação profissional para o exercício da docência³.

No que tange à formação do professor de Matemática para o século XXI, D'Ambrósio (1993) enfatiza a necessidade de adoção de experiências matemáticas e experiências com alunos, a partir de um ensino baseado em metodologias alternativas ancoradas na prática investigativa, na resolução de problemas e nas aplicações da Matemática. Ela defende que, além da postura de pesquisador, o professor de Matemática deve ter uma visão do que vem a ser a Matemática (uma disciplina dinâmica, aberta para a criatividade, e não um saber pronto, acabado e cumulativo), do que constitui a aprendizagem da Matemática (na qual o aluno deixa de ser uma figura passiva na aquisição do conhecimento matemático), do que constitui um ambiente propício à sua aprendizagem (o professor deve engajar os alunos em um ambiente de pesquisa em sala de aula, de modo a tornar os conteúdos matemáticos mais compreensíveis e significativos para eles, além de lhes proporcionar aulas mais interessantes e divertidas) e do que constitui a atividade matemática (caracterizada pela reflexão, identificação, planejamento, implementação e posterior solução de problemas matemáticos instigantes e significativos para o aluno, provenientes da vida real, de situações lúdicas, da própria Matemática e de outras áreas do conhecimento).

³ É provável que tal percentual tenha sido modificado com o aumento da carga horária das disciplinas de prática docente devido à implementação da BNC-Formação, mas não foram encontrados dados recentes a respeito.

Vários autores (POLYA, 1987; LORENZATO, 2006; PAIS, 2013; POSAMENTIER; KRULIK, 2014; BOALER, 2018, 2019) sugerem outras estratégias essenciais para o professor aprimorar sua prática pedagógica em sala de aula e despertar o interesse de seus estudantes por aprender e ter êxito em Matemática tais como: não subestimar o potencial matemático dos alunos, valorizando seus erros e dúvidas; enfatizar os porquês matemáticos e as aplicações da Matemática; não saltar etapas; usar a história da Matemática em sala de aula; utilizar matemática recreativa por meio de enigmas, curiosidades e outras formas de entretenimento matemático; propiciar um ambiente acolhedor e inclusivo para todos os alunos, de forma que eles se sintam livres e seguros para correr riscos; e favorecer a experimentação, a colaboração e a criatividade em sala de aula.

Para que tais estratégias possam ser implementadas com sucesso na rotina de sala de aula, faz-se necessário elencar os tipos de conhecimentos docentes que devem ser contemplados no processo formativo do professor de Matemática.

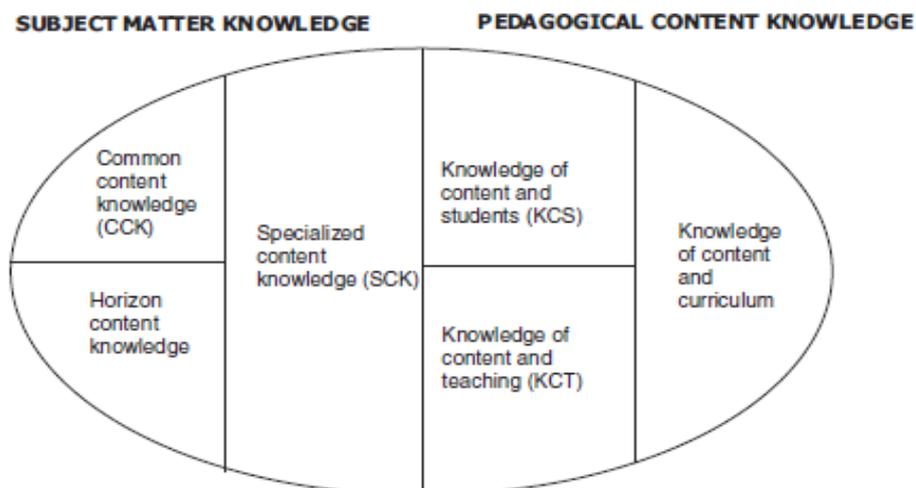
2.4 CONHECIMENTOS DOCENTES DO PROFESSOR DE MATEMÁTICA

No âmbito das especificidades do conhecimento específico e pedagógico mobilizado por professores de Matemática em sua formação e em seu desenvolvimento profissional, vamos destacar três modelos teóricos presentes na literatura internacional e a integração dessas diferentes perspectivas na constituição de um conhecimento especializado sobre criatividade.

O primeiro deles foi criado em 2008 por Deborah Ball e seus colegas Mark Thames e Geoffrey Phelps da Universidade de Michigan. Tendo por base as ideias de Shulman, eles estenderam e aprofundaram o conceito de PCK no âmbito da Matemática por meio do conceito de **conhecimento matemático para o ensino** (em inglês, *mathematical knowledge for teaching* – MKT), o qual explicita o conhecimento matemático necessário e relevante para realizar as tarefas rotineiras associadas ao ensino efetivo e de qualidade dessa disciplina em sala de aula. Entre essas tarefas, podemos mencionar as ações de apresentar ideias matemáticas, responder às dúvidas dos alunos, encontrar um exemplo adequado para apresentar um conceito matemático, escolher um contraexemplo para refutar um argumento errôneo dos alunos, reconhecer diferentes formas de representação de um objeto matemático, conectar um tópico a ser ensinado com tópicos antigos e/ou futuros, interpretar o pensamento do estudante em uma tarefa escrita ou em uma discussão em sala de aula, entre outras.

O diagrama a seguir sintetiza o modelo do MKT (BALL; THAMES; PHELPS, 2008).

Figura 1 – Esquema ilustrativo do modelo MKT



Fonte: Ball, Thames e Phelps (2008, p. 403)

Nesse modelo, o **conhecimento do conteúdo específico** de Shulman foi desdobrado em três subdomínios – o **conhecimento comum do conteúdo** (em inglês, *common content knowledge* – CCK), o **conhecimento especializado do conteúdo** (em inglês, *specialized content knowledge* – SCK) e o **conhecimento do conteúdo no horizonte** (em inglês, *horizon content knowledge* – HCK) –, enquanto o **conhecimento pedagógico do conteúdo** de Shulman foi subdividido nos subdomínios **conhecimento do conteúdo e dos estudantes** (em inglês, *knowledge of content and students* – KCS), **conhecimento do conteúdo e do ensino** (em inglês, *knowledge of content and teaching* – KCT) e **conhecimento do conteúdo e do currículo** (em inglês, *knowledge of content and curriculum* – KCC).

O CCK representa o conhecimento mínimo esperado em Matemática a respeito de um tópico a ser ensinado em sala de aula, ou seja, o conhecimento técnico que se espera de adultos letrados não professores de Matemática a respeito do conteúdo tradicional ensinado para estudantes do ensino fundamental, englobando as habilidades de realizar cálculos básicos, resolver problemas básicos e reconhecer erros simples dos alunos, entre outras.

O SCK é o conhecimento matemático exclusivo do professor de Matemática. Ele compreende um saber matemático profundo que permite ao professor, por exemplo, justificar ideias matemáticas, responder às perguntas do tipo “por quê?” feitas pelos alunos, avaliar a plausibilidade das afirmações dos estudantes, dimensionar a natureza dos erros dos alunos, especialmente os que não são familiares, e analisar vantagens e desvantagens de usar determinada notação/representação matemática em um problema.

O HCK é o conhecimento que aborda como os tópicos da matemática escolar estão relacionados ao longo das diretrizes curriculares, ou seja, como um tópico matemático que está sendo ensinado em um dado nível de ensino se articula com outros tópicos de anos anteriores ou posteriores.

O KCS envolve a interação entre a compreensão de uma ideia ou procedimento matemático particular e a familiaridade com o pensamento matemático do estudante, possibilitando ao professor, por exemplo, propor tarefas matemáticas de ensino, antever dificuldades, dúvidas e erros comuns dos alunos em sua resolução e escolher exemplos interessantes para motivar a turma.

O KCT pressupõe a interação entre a compreensão de uma ideia ou procedimento matemático particular e a familiaridade com diferentes princípios e técnicas pedagógicas para ensinar tal tópico e favorecer a aprendizagem do estudante, o que justifica a necessidade de os licenciandos estudarem a temática de pensamento crítico e criativo em Matemática durante o seu processo formativo. Ele contempla, por exemplo, saber alternar momentos de pausa, momentos de fazer perguntas e momentos de propor atividades, usar uma observação do aluno para discorrer sobre um tema, selecionar uma abordagem de ensino eficiente para superar certas dificuldades e/ou explorar certos aspectos do conteúdo e escolher uma sequência de exemplos para introduzir e/ou aprofundar um tópico matemático.

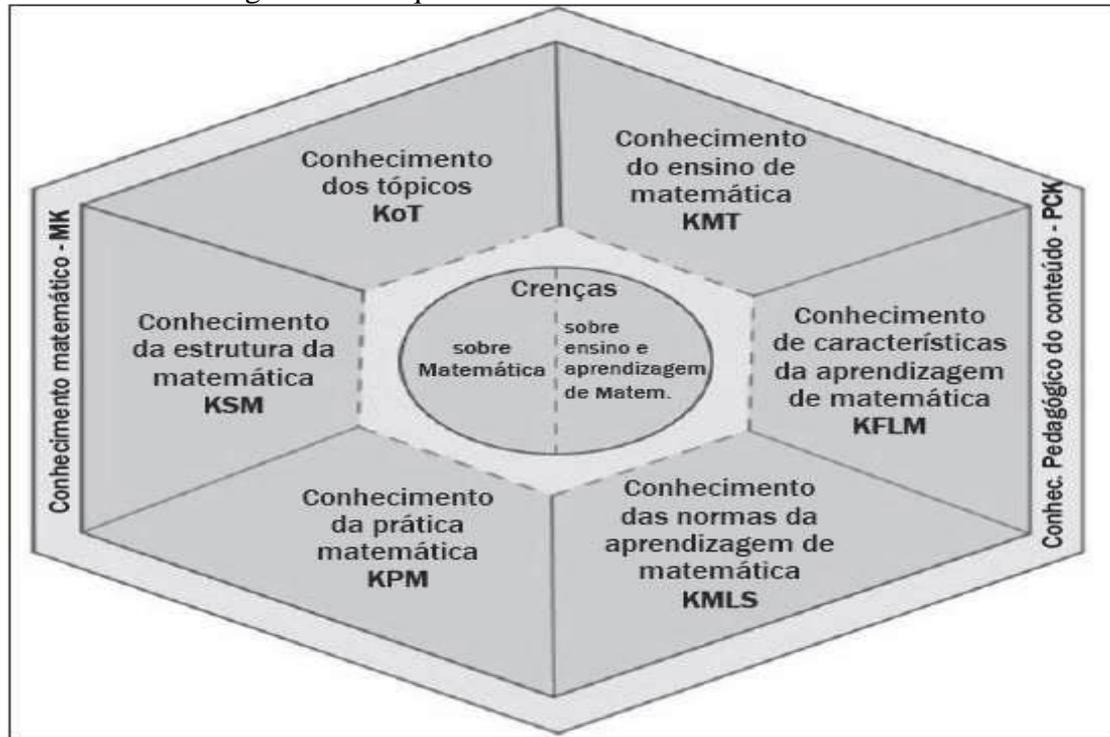
Já o KCC é o conhecimento utilizado para nortear o aprendizado dos alunos ao longo dos diferentes níveis de ensino, indicando o tipo de conteúdo que eles devem aprender de acordo com as proficiências do currículo de Matemática.

O conceito de MKT abriu novos horizontes de pesquisa sobre as especificidades do conhecimento do professor de e que ensina Matemática e inspirou Carrillo e seus colegas da Universidade de Huelva, na Espanha, a desenvolver em 2013 o conceito de **conhecimento especializado do professor de Matemática** (em inglês, *mathematics teacher's specialized knowledge* – MTSK). Diante da dificuldade de diferenciar onde termina o CCK e onde começa o SCK, eles reformularam o modelo MKT de Ball, Thames e Phelps interpretando todo o conhecimento matemático como especializado e acrescentando a influência das crenças dos professores sobre Matemática e sobre o seu processo de ensino e aprendizagem no conhecimento profissional docente.

O MTSK é composto de 2 domínios – **conhecimento matemático** (em inglês, *mathematical knowledge* – MK) e **conhecimento pedagógico do conteúdo** (em inglês, *pedagogical content knowledge* – PCK) (CARRILLO; CLIMENT; CONTRERAS-

GONZÁLEZ; MUÑOZ-CATALÁN, 2013; MORIEL JUNIOR; CARRILLO, 2014; CARRILLO *et al.*, 2018). A figura a seguir ilustra o modelo.

Figura 2 – Esquema ilustrativo do Modelo MTSK



Fonte: Moriel Júnior e Carrillo (2014, p. 466)

De acordo com o modelo, o domínio MK, correspondente ao conhecimento matemático do professor em um contexto educacional, contempla 3 subdomínios, a saber:

1. **Conhecimento de tópicos** (em inglês, *knowledge of topics* – KoT): é o conhecimento do conteúdo matemático a ser ensinado e seus diferentes aspectos, englobando nomenclatura (conceitos e definições), tipologia (diferentes registros de representação), procedimentos, propriedades, fundamentos, demonstrações, algoritmos, exemplos e contraexemplos, conexões entre tópicos dentro do mesmo conteúdo matemático e aplicações a situações fora da Matemática;
2. **Conhecimento da estrutura da Matemática** (em inglês, *knowledge of the structure of mathematics* – KSM): é o conhecimento matemático do professor acerca de conexões transversais entre tópicos elementares e avançados, prévios e futuros de conteúdos matemáticos diferentes que possuem pontos em comum, permitindo ver a Matemática como um sistema de conhecimentos estruturados e encadeados;
3. **Conhecimento da prática em Matemática** (em inglês, *knowledge of the practice in mathematics* – KPM): é o saber correspondente a práticas típicas da atividade

matemática, englobando maneiras de proceder, criar ou gerar novos conhecimentos na área e aspectos da comunicação matemática, raciocínio e prova (conhecer a linguagem matemática formal, saber definir, justificar e demonstrar, fazer deduções e induções, dar exemplos e contraexemplos, selecionar representações e resolver problemas, entre outros, o que reforça o pensamento crítico e criativo em Matemática como algo inerente da tarefa matemática).

Do mesmo modo, o domínio PCK, correspondente ao conhecimento didático específico do professor para ensinar o conteúdo matemático em sua prática pedagógica em sala de aula, também abarca 3 subdomínios, a saber:

4. **Conhecimento das características de aprendizagem da Matemática** (em inglês, *knowledge of features of learning mathematics – KFLM*): é o conhecimento do professor relacionado às características inerentes do aprendizado da Matemática (como os alunos aprendem o conteúdo matemático e constroem o seu conhecimento, quais procedimentos, dificuldades, erros comuns, obstáculos e aspectos emocionais os estudantes apresentam quando realizam tarefas matemáticas, entre outras);
5. **Conhecimento do ensino de Matemática** (em inglês, *knowledge of mathematics teaching – KMT*): é o conhecimento teórico específico para o ensino da Matemática, englobando a escolha de estratégias, técnicas de ensino, recursos, materiais didáticos, tarefas e exemplos para ensinar determinado conteúdo e estimular o pensamento crítico e criativo em Matemática dos estudantes;
6. **Conhecimento dos padrões de aprendizagem da Matemática** (em inglês, *knowledge of mathematics learning standards – KMLS*): é o conhecimento das especificações curriculares que regem os conteúdos matemáticos a serem ensinados em cada etapa da educação escolar, englobando conceitos, procedimentos, escolha da ordem dos tópicos e de formas de avaliação nos diversos momentos educativos.

Por fim, o terceiro modelo a ser considerado em nossa pesquisa é o **conhecimento interpretativo** (em inglês, *interpretative knowledge – IK*), introduzido em 2013 por Jakobsen, Ribeiro e Mellone. Trata-se de um conhecimento especializado para a prática docente e que está além do conhecimento do conteúdo e do conhecimento pedagógico, permitindo ao professor de Matemática atribuir sentido ao raciocínio matemático e às produções de seus alunos a partir de tarefas envolvidas no ensino da Matemática. Por meio de *feedbacks* construtivos, o professor deve utilizar as dificuldades e os erros cometidos pelos alunos como fonte de aprendizagem, de modo a auxiliá-los na construção do próprio conhecimento

matemático (RIBEIRO; MELLONE; JAKOBSEN, 2013; JAKOBSEN; RIBEIRO; MELLONE, 2014; DI MARTINO; MELLONE, RIBEIRO, 2019). No cenário nacional, tal conhecimento é o objeto de trabalho do Grupo de Pesquisa e Formação sobre o Conhecimento Interpretativo e Especializado do professor de e que ensina Matemática da Universidade Estadual de Campinas – CIEspMat/Unicamp.

De acordo com os propósitos deste trabalho, doravante vamos restringir nosso interesse aos modelos MTSK e IK. A título de ilustração para subsidiar futuras análises, vamos considerar que o tópico a ser ensinado em sala de aula seja funções. Nesse caso, conhecer o conceito e as diferentes representações de uma função seria um exemplo de **KoT**, saber conectar o conteúdo de funções com um tópico já ensinado (por exemplo, teoria de conjuntos) corresponderia ao **KSM**, escolher um exemplo para mostrar que nem toda relação é uma função ilustraria o **KPM**, entender a dificuldade do aluno em relação à notação matemática para representar uma função evidenciaria o **KFLM**, escolher uma estratégia de ensino adequada (por exemplo, um problema que sirva de motivação) para introduzir o conceito de função remontaria ao **KMT**, conhecer as especificações da BNCC que norteiam o ensino de funções no 9º do ensino fundamental e ao longo dos três anos do ensino médio contemplaria o **KMLS** e avaliar (e dar um *feedback* escrito sobre) tarefas realizadas por alunos sobre o conceito de função representaria o **IK**.

À luz dos modelos teóricos do PCK de Shulman (1986, 1987) e do MKT de Ball, Thames e Phelps (2008), marcos na literatura internacional no que concerne aos conhecimentos necessários para a docência, Beghetto (2017) introduziu 3 tipos de conhecimento pedagógico especializado necessários para o ensino voltado à criatividade: o **conhecimento pedagógico no domínio criativo** (em inglês, *pedagogical creative-domain knowledge* – PCdK, correspondente ao conhecimento pedagógico para ensinar criatividade a um grupo de alunos em um certo contexto), o **conhecimento pedagógico de aprimoramento criativo** (em inglês, *pedagogical creatively enhancement knowledge* – PCeK), associado ao conhecimento pedagógico para fomentar e aprimorar atitudes, crenças, pensamentos e ações criativas de um grupo de alunos em contextos específicos) e o **conhecimento pedagógico criativo no domínio** (em inglês, *creative pedagogical domain knowledge* – CPDK, remetendo ao conhecimento pedagógico necessário para ensinar criativamente um determinado assunto para um grupo de alunos).

Tais conhecimentos serviram de base para diferenciar as 3 formas com o que a criatividade aparece no domínio do ensino segundo Beghetto (2013a):

1. Ensino **sobre** criatividade: tem por base o PCdK e visa fornecer ao aluno o conhecimento teórico proveniente da literatura sobre criatividade (definição, conceitos-chave, linhas de pesquisa) para que ele possa compreendê-la em suas várias manifestações;
2. Ensino **para** criatividade: tem por base o PCeK e visa estimular habilidades e comportamentos criativos nos estudantes por meios de testes de criatividade, tarefas envolvendo pensamento divergente (por exemplo, resolução criativa de problemas) e programas de treinamento em criatividade;
3. Ensino **com** criatividade: tem por base o CPDK e visa estimular a prática pedagógica criativa do professor por meio da utilização de técnicas de criatividade no processo de ensino de uma área do conhecimento, de forma a criar um clima de sala de aula propício a desenvolver comportamentos e atitudes favoráveis à aprendizagem criativa por parte dos alunos.

Além do trabalho de Beghetto (2013a, 2017), vários estudos abordam o desenvolvimento e avaliação da criatividade no âmbito do ensino e da sala de aula (TORRANCE, 1987; PLUCKER; BEGHETTO; DOW, 2004; SAWYER, 2004; JEFFREY; CRAFT, 2004; KAUFMAN; PLUCKER; BAER, 2008; BAER; GARRETT, 2010; SIMONTON, 2012; GROHMAN; SZMIDT, 2013; RUBENSTEIN; MCCOACH; SIEGLE, 2013; BEGHETTO, 2010, 2013b, 2013c; BEGHETTO; KAUFMAN, 2014; BEGHETTO; KAUFMAN; BAER, 2015).

Vê-se, pois, a importância da presença da temática da criatividade como um conhecimento necessário na formação de professores, corroborando as recomendações curriculares presentes na BNCC (BRASIL, 2018a), no Currículo em Movimento da Educação Básica do DF (DISTRITO FEDERAL, 2014a, 2014b, 2014c, 2018, 2019) e na BNC-Formação (BRASIL, 2020a). Nesse contexto, faz-se necessário definir o que se entende por criatividade.

2.5 CRIATIVIDADE

O fenômeno criativo contempla múltiplas facetas, concepções, abordagens e pontos de vista. A natureza polissêmica e subjetiva desse construto torna difícil defini-lo precisamente, haja vista a falta de um consenso entre os especialistas da área. Trata-se de uma temática rica, com diferentes entendimentos e interpretações, devido a seu caráter multidimensional, complexo e dinâmico. Sem contar as crenças e mitos que ainda habitam o imaginário popular

em relação a esse assunto: “criatividade é coisa de gênio e/ou superdotado”, “criatividade é específica do meio artístico”, “criatividade é uma dom inato, raro e não pode ser ensinado”, “criatividade é sinônimo de inspiração e imaginação” etc.

Segundo o psicólogo norte-americano Ellis Paul Torrance,

a criatividade é um processo que torna alguém sensível aos problemas ou lacunas no conhecimento e o leva a identificar dificuldades, procurar soluções, formular hipóteses, testá-las e testá-las de novo, modificando-as, se necessário, e comunicar os resultados (TORRANCE, 1966 *apud* BROLEZZI, 2013, p. 18).

Já para Robinson (2019, p. 146), “a criatividade é o processo de ter ideias originais que possuam algum valor”. Mais precisamente,

Ser criativo não é apenas ter ideias não convencionais e deixar sua imaginação correr livre. Pode envolver tudo isso, mas também envolve refinar, testar e se concentrar no que está fazendo. Trata-se de pensamento original da parte do indivíduo e também envolve julgar criticamente se o trabalho em curso está assumindo a forma correta e vale a pena, pelo menos para a pessoa que o está realizando (ROBINSON; ARONICA, 2019, p. 108).

Vários estudos relacionam a criatividade com a geração de novos produtos ou ideias (RUNCO, 2004; STERNBERG; LUBART, 1995a). Segundo eles, um produto criativo remete a algo original, inovador, útil e apropriado para atender a uma determinada demanda, proveniente de uma nova ideia ou de uma nova abordagem para solucionar determinado problema em um contexto sociocultural e histórico particular. Além disso, o conceito de criatividade varia no tempo e no espaço (o que é criativo em uma sociedade pode não ter o mesmo valor em outra) e depende do julgamento e do crivo da audiência a que se destina o produto criativo.

2.5.1 Tipologia da criatividade

No que concerne à tipologia da criatividade, merecem destaque os 4 P’s de Rhodes, os 6 P’s de Runco, os 5 A’s de Glăveanu e os 4 C’s de Kaufman e Beghetto, que fazem referência às letras iniciais de conceitos-chave da literatura inglesa em criatividade.

Após coletar e examinar mais de 40 definições de criatividade em sua tese, o pesquisador educacional Mel Rhodes (1961) sintetizou-as em uma estrutura constituída de 4 categorias que ficou conhecida como os 4 P’s de criatividade, a saber: *person* (atitudes, características cognitivas e traços de personalidade característicos de pessoas criativas), *product* (ideia ou obra que pode ser julgada criativa), *process* (mecanismos cognitivos no

desenvolvimento de uma ideia ou produto criativo) e *press/place* (ambiente em que o indivíduo está inserido propício para o trabalho criativo).

Tal modelo teve grande impacto na literatura da área desde então. Todavia, por focar no indivíduo e oferecer uma visão estática e limitada do processo criativo, ele foi estendido posteriormente para o modelo dos 6 P's de criatividade, com o acréscimo de mais dois P's (RUNCO, 2003, 2008): *persuasion* (poder de convencimento das pessoas criativas para mudar a forma de pensar dos outros e serem consideradas criativas) e *potential* (potencial que pode ser desenvolvido e gerar um produto criativo).

A partir da incorporação de aportes teóricos da Psicologia Sociocultural à teoria da criatividade, Glăveanu (2013) expandiu o modelo anterior para a estrutura dos 5A's, a saber: *actor* (no lugar de *person*, correspondendo aos traços pessoais moldados por convenções sociais e tradições culturais), *action* (no lugar de *process*, incorporando a visão interior de criatividade com as manifestações exteriores de comportamento), *artifact* (no lugar de *product*, cujo significado passa a ser atrelado ao meio social e aos conceitos de *action* e *actor*), *audience e affordances* (no lugar de *press*, reforçando a importância do contexto sociocultural para qualquer ato criativo e dos recursos oferecidos pelo meio aos criadores). Desde então, tal estrutura passou a oferecer uma visão mais dinâmica e sistêmica do processo criativo.

Outra classificação importante diz respeito aos níveis de magnitude do processo criativo. Inicialmente, havia duas categorias: a *little-c* (correspondente às contribuições criativas do dia a dia de pessoas comuns movidas pelo desejo de realização pessoal) e a *Big-C* (associada ao trabalho influente e revolucionário de criadores talentosos e ilustres do naipe de Newton, Picasso, Mozart, van Gogh, Shakespeare, Einstein, entre outros). Todavia, elas eram muito amplas para contemplar todas as nuances da criatividade, o que motivou a introdução de duas categorias adicionais no que ficou conhecido como o modelo dos 4 C's⁴ (BEGHETTO; KAUFMAN, 2007, 2009, 2013; HELFAND; KAUFMAN; BEGHETTO, 2016): a *Pro-C* (abrangendo os criadores profissionais que não atingiram o *status* de um *Big-C*, mas que, em termos de conhecimento e realização substancial, estão além de um criador amador *little-c*) e a *mini-c* (remetendo às formas de criatividade inerentes ao processo de aprendizagem, mais pessoais, interpretativas e subjetivas do *little-c*, ou seja, ideias e *insights* novos e significativos

4 Mais recentemente, tal classificação foi ampliada para 6 C's com a introdução de mais duas categorias (CHEMI; ZHOU, 2016): a *Boldface-C* (criadores que são amplamente reconhecidos mesmo por não especialistas em sua área de atuação) e a *skilled-c* (criadores amadores com altas habilidades em seu campo de interesse).

para o criador, nem sempre resultando em um produto passível de ser submetido à avaliação externa).

A título de ilustração, no âmbito da Matemática, tais categorias podem ser exemplificadas da seguinte maneira, em ordem crescente de gradação no tocante ao desenvolvimento do pensamento criativo ao longo da vida útil do criador:

- a) *Mini-c*: criatividade de alunos que descobrem uma maneira alternativa de abordar e/ou resolver um problema da matemática escolar não inédito em sala de aula, caracterizando um produto matemático original para quem o produziu ou para o ambiente escolar em que está inserido;
- b) *Little-c*: criatividade de matemáticos amadores, os quais têm a Matemática como um *hobby* e reconhecem seu potencial criativo, o qual não precisa ser compartilhado;
- c) *Pro-C*: criatividade de matemáticos profissionais ou professores universitários com produção acadêmica relevante e reconhecida em sua área de pesquisa, fruto de um conhecimento matemático robusto que lhes permite avanços inéditos nas fronteiras do conhecimento;
- d) *Big-C*: trabalho de grandes matemáticos (Euler, Galois, Gauss, Poincaré, Hardy, Ramanujan, Hilbert, Riemann, entre outros) e vencedores da Medalha Fields (principal honraria na área da Matemática, equivalente em importância ao Prêmio Nobel destinado a outras ciências).

2.5.2 Abordagens teóricas da criatividade

Há uma vasta literatura internacional contemplando abordagens teóricas da criatividade (SIMONTON, 2000; HENNESSEY, 2003; RUNCO, 2004, 2007; KOZBELT; BEGHETTO; RUNCO, 2010; RUNCO; ALBERT, 2010). Por se tratar de um conceito amplo, esse tópico fascinante é expresso sob diferentes formas através de diferentes domínios.

De acordo com Kozbelt, Beghetto e Runco (2010), as várias abordagens teóricas contemporâneas a respeito da criatividade podem ser agrupadas em dez grandes categorias, a saber: desenvolvimentistas, psicométricas, de investimento, componenciais, cognitivas, de resolução de problemas, de formulação de problemas, evolutivas, tipológicas e sistêmicas.

No que concerne aos propósitos deste trabalho, uma abordagem teórica antiga e quatro abordagens teóricas recentes merecem destaque: a teoria dos 4 estágios do psicólogo e pedagogo inglês Graham Wallas, a teoria de investimento em criatividade dos psicólogos norte-

americanos Robert Sternberg e Todd Lubart, a teoria componencial de criatividade da psicóloga norte-americana Teresa Amabile, a teoria de perspectiva de sistemas do psicólogo húngaro Mihaly Csikszentmihalyi e a teoria dos paradigmas do psicólogo romeno Vlad Glăveanu sob a ótica da Psicologia Cultural da Criatividade. Diferentemente de modelos antigos de criatividade em voga até a década de 1970 que focavam nas habilidades cognitivas e traços de personalidade do indivíduo criativo, tendo por base a teoria psicanalítica de Freud, a psicologia Gestalt, a psicologia humanista e o estudo dos hemisférios cerebrais (ALENCAR; FLEITH, 2003a), essas novas teorias, além dos atributos pessoais e psicológicos, valorizam a interação dos fatores sociais, culturais, históricos, ambientais e motivacionais no resultado e na avaliação do trabalho criativo.

Segundo o modelo de Wallas (WALLAS, 1926), proposto em sua obra *The art of thought*, o processo criativo é composto por 4 estágios: **preparação** (fase de trabalho árduo para coleta de informações e identificação e compreensão profunda do problema proposto), **incubação** (período de relaxamento em que o problema proposto é deixado de lado momentaneamente e a atividade mental é canalizada para outras atividades), **iluminação** (estágio em que nova ideia ou uma possível solução para o problema proposto aparece repentinamente sob a forma de uma inspiração súbita) e **verificação** (momento de checagem da validade da solução encontrada antes da divulgação de tal resultado).

Um exemplo interessante da aplicação do modelo de Wallas no campo da Matemática foi a demonstração do Último Teorema de Fermat. Em 1637, o advogado, juiz e matemático amador nas horas vagas Pierre de Fermat (1601-1665), na tentativa de generalizar o Teorema de Pitágoras, formulou uma das conjecturas mais famosas da Teoria dos Números, conhecida como o Último Teorema de Fermat: “A equação $x^n + y^n = z^n$, com $n \in \mathbb{N}$, $n > 3$, não possui solução com $x, y, z \in \mathbb{N}$ ”. Em 1995, depois de 358 anos de tentativas infrutíferas de vários matemáticos renomados, finalmente o matemático inglês Andrew Wiles conseguiu demonstrar tal resultado, combinando com grande dose de criatividade técnicas matemáticas utilizadas pelos seus predecessores que não funcionavam a contento isoladamente para gerar novas ferramentas matemáticas (representações galoisianas, formas modulares e curvas elípticas) que se completaram para solucionar o que é considerado um dos mais famosos problemas da História da Matemática. Entre preparação, incubação, iluminação, verificação e publicação das mais de 100 páginas do manuscrito final (WILES, 1995), foram 8 anos (1986-1994) de muito trabalho, sendo os 7 primeiros deles em completo isolamento e o último com a ajuda de seu ex-

aluno de Doutorado Richard Taylor. Wiles descreveu o seu processo criativo nessa árdua tarefa da seguinte maneira:

Basicamente é apenas uma questão de pensar no assunto. Frequentemente você escreve alguma coisa para clarear seus pensamentos, mas não necessariamente. Em especial quando você chegou num verdadeiro impasse, quando existe um verdadeiro problema que precisa superar, então a rotina do pensamento matemático não tem utilidade nenhuma. Para alcançar esse tipo de ideia nova é necessário um longo período de atenção ao problema sem qualquer distração. É preciso realmente pensar só no problema e em nada mais – só se concentrar nele. Depois você para. Então parece ocorrer uma espécie de relaxamento durante o qual o subconsciente aparentemente assume o controle. E é aí que surgem as ideias novas. (WILES *apud* SINGH, 2014, p. 215-216)

Para chegar à demonstração final, a fase de iluminação foi decisiva: “Subitamente, de um modo totalmente inesperado, eu tive esta incrível revelação” (WILES *apud* SINGH, 2014, p. 277).

Já o modelo de Sternberg e Lubart (STERNBERG, 1988, 2012; STERNBERG; LUBART, 1991, 1992, 1995b, 1996, 1999) contempla seis fatores interdependentes para a expressão criativa, a saber:

- a) inteligência (capacidade de analisar problemas sob perspectivas não convencionais, de reconhecer e convencer os demais quando vale a pena investir em uma ideia);
- b) estilos intelectuais (pensar sob novos pontos de vista para escolher o mais viável);
- c) conhecimento (domínio sobre uma determinada área de modo a propor ideias novas);
- d) traços de personalidade;
- e) motivação; e
- f) contexto ambiental (família, escola, trabalho, entre outros, favorecendo o desenvolvimento do potencial criativo).

Nesse modelo, as pessoas criativas atuam como se fossem investidores do mercado financeiro, mas agora no plano das ideias, comprando na baixa (ou seja, investindo em ideias desconhecidas, mas potencialmente valiosas) e vendendo na alta (quando as ideias já estão reconhecidas e consolidadas).

O modelo de Amabile (AMABILE, 1983, 1989, 1996, 2012), por sua vez, também apresenta a influência de fatores cognitivos, motivacionais, sociais e de personalidade por meio da interação entre 3 componentes: motivação, habilidades de domínio (talento, *expertise* e conhecimento prático e teórico em uma determinada área construídos através da educação formal e informal, experiências e habilidades técnicas na área) e processos criativos relevantes tais como o estilo de trabalho (concentração, dedicação ao trabalho, persistência diante das

dificuldades, busca pela excelência e habilidade de abandonar ideias improdutivas), o estilo cognitivo (romper com hábitos e padrões usuais de pensamento e observar situações sob diferentes prismas), o domínio de estratégias que favoreçam a produção de novas ideias (gerar múltiplas respostas e fazer analogias e combinações inusitadas) e traços de personalidade.

Observa-se que tanto o modelo de Sternberg e Lubart como o de Amabile enfatizam o papel dos traços de personalidade e da motivação no processo criativo. Dentre as características pessoais mais marcantes em um indivíduo, eles destacam a curiosidade, a espontaneidade, a capacidade questionadora, a imaginação, a iniciativa, a intuição, a autonomia, o autoconceito positivo, a abertura a novas experiências, a coragem para romper barreiras, expressar novas ideias e ir além dos limites do conhecimento, a ausência de medo para correr riscos, a autoconfiança, a perseverança, a resiliência para superar adversidades, pressões, críticas e eventuais fracassos, a tolerância à ambiguidade, a autodisciplina, a independência e o inconformismo. Além disso, eles também enfatizam a importância da motivação, a qual pode ser intrínseca (caracterizada pelo prazer da descoberta, engajamento na tarefa e entusiasmo na realização do trabalho) e extrínseca (caracterizada pela influência de fatores externos tais como elogios, incentivos, recompensas e prêmios).

O modelo de Csikszentmihalyi (CSIKSZENTMIHALYI, 1988a, 1998b, 1996, 1999) fornece uma abordagem sistêmica a partir da interação entre 3 sistemas: o indivíduo (contemplando traços de personalidade, processos cognitivos, capital social e cultural, experiências pessoais e sociais, valores e motivações e bagagem genética do criador), o domínio (correspondendo aos saberes acumulados e ao repertório de técnicas atrelados a uma área do conhecimento) e o campo (sistema social, representado pelos especialistas da área que, em função de sua experiência e *know-how*, detêm o poder de avaliação, validação, reconhecimento, decisão, legitimação e julgamento a respeito do novo saber original que vai ser incorporado ao domínio e preservado para as futuras gerações). Nas palavras dele, “mais importante do que definir o que é criatividade, é identificar onde ela está”, ou seja, localizá-la no contexto social, cultural e histórico em que ela está inserida.

Uma análise desse modelo no âmbito do domínio da Matemática foi desenvolvida por Gontijo (2007c, 2018). Nesse caso, o campo pode ser representado pelos professores do ensino superior (no que tange à matemática acadêmica) e da educação básica (no que tange à matemática escolar) e pelas entidades de classe (no Brasil, por exemplo, pela Sociedade Brasileira de Matemática (SBM) na análise de produções de natureza intrinsecamente

matemática e pela Sociedade Brasileira de Educação Matemática (Sbem) na análise de produções voltadas para os processos de ensino e aprendizagem da Matemática).

Sob uma perspectiva cultural, Glăveanu (2010) define criatividade como

um processo sociocultural-psicológico complexo que, ao trabalhar com materiais “culturalmente impregnados” dentro de um espaço intersubjetivo, leva à geração de artefatos que são avaliados como novos e significativos por uma ou mais pessoas ou comunidades em um dado momento (GLĂVEANU, 2010, p. 11, tradução nossa).

Nesse contexto, ele aborda três paradigmas na teoria e na pesquisa de criatividade em Psicologia, a saber: o paradigma do Ele (*He-paradigm*, em inglês), o paradigma do Eu (*I-paradigm*, em inglês) e o paradigma do Nós (*We-paradigm*, em inglês).

O primeiro paradigma remete à criatividade histórica dos grandes artistas e cientistas que marcaram a história (Pitágoras, Arquimedes, Mozart, Leonardo da Vinci, Newton, Einstein, entre outros), focando no gênio solitário cujo talento era fruto de inspiração divina ou de herança genética. Percebe-se, pois, o caráter elitista dessa abordagem, pois a criatividade seria restrita a uns poucos privilegiados.

Já o segundo paradigma, ainda que também individualista em natureza como o primeiro, remete à criatividade do dia a dia de cada indivíduo. Nesse sentido, ele é mais democrático que o anterior, pois agora a criatividade é acessível a qualquer pessoa. Isso é corroborado por William James (1842-1910), precursor do pragmatismo na filosofia e do funcionalismo na psicologia: “Visto que os humanos são criativos, o mundo é considerado criativo” (IVIE, 2006, p. 123).

Finalmente, o terceiro paradigma reflete a influência dos emergentes campos da Psicologia Social e da Psicologia Cultural no estudo da criatividade, evidenciado pelos estudos pioneiros de Amabile a partir da década de 1980. Tal modelo salienta o papel do contexto ambiental e sociocultural, da interação dialógica, da intersubjetividade, da colaboração e da interdependência entre a tríade *self*-outro-cultura (subjetividade-alteridade-sociedade) na produção do conhecimento a partir de uma estrutura tetrádica que se inter-relaciona: o *self* (criador) + o outro (comunidade) + o novo produto/artefato (criação material ou conceitual, recursos simbólicos) + produtos/artefatos existentes (repertórios culturais, conhecimento prévio).

É importante salientar que vários autores deram importantes contribuições à Psicologia Social e à Psicologia Cultural. Vygotsky (2004) apontou a importância da mediação cultural por meio de ferramentas e signos para o desenvolvimento de todas as funções mentais superiores. Para ele, a criatividade existe no dia a dia e não apenas nas grandes obras históricas,

e todo criador é um produto de seu tempo e do meio que o cerca. Já para Marková (2006), a teoria das representações sociais coloca a linguagem e a comunicação no centro da Psicologia Social. Juntamente com Linell (2009), ela instituiu o dialogismo como paradigma científico, caracterizado pelo contextualismo, pelo interacionismo, pela intersubjetividade e pelas relações semióticas mediadas na construção do conhecimento.

2.5.3 Características do pensamento criativo

De todas as características do pensamento criativo, quatro merecem destaque na literatura por sintetizar o que se espera de uma pessoa criativa (ALENCAR, 2001; ALENCAR; FLEITH, 2009): fluência, flexibilidade, originalidade e elaboração.

A fluência está relacionada à quantidade de ideias diferentes geradas de forma espontânea em resposta a uma dada tarefa, as quais podem se configurar soluções adequadas para o problema proposto. A flexibilidade, por sua vez, refere-se à qualidade das ideias geradas, as quais podem ser agrupadas em diferentes categorias de respostas para o problema em questão. Já a originalidade remete à habilidade de gerar ideias únicas e não convencionais para um dado problema, as quais se caracterizam pelo fato de se afastarem do senso comum e do trivial, além de serem infrequentes estatisticamente e qualitativamente diferentes se comparadas às soluções produzidas por outras pessoas na realização da mesma tarefa. E, por fim, a elaboração é caracterizada pela habilidade de refinar, detalhar, aprimorar e enriquecer uma ideia inicial, olhando-a sob novos ângulos e perspectivas, de modo a ampliar a compreensão do problema.

Tais categorias remontam aos trabalhos dos psicólogos norte-americanos Joy Paul Guilford (1897-1987) e Ellis Paul Torrance (1915-2003), pioneiros no estudo psicométrico para avaliação da criatividade a partir da década de 1950 (GUILFORD, 1950, 1968; TORRANCE, 1966). Guilford, em particular, foi o responsável pela introdução na literatura do conceito de pensamento divergente, processo mental mais associado à expressão da criatividade por propiciar a geração de um amplo leque de ideias em resposta a algum tipo de tarefa.

Há várias estratégias para promover a criatividade, potencializando a fluência, a flexibilidade, a originalidade e a elaboração (SHEFFIELD, 2005; DACEY; CONKLIN, 2013). Para os propósitos desta pesquisa, podemos mencionar, entre outras:

- a) Tempestade de ideias (em inglês, *brainstorming*): ferramenta para promover a fluência a partir da geração espontânea de várias ideias para resolver um problema,

individualmente ou em grupos, sem críticas e/ou julgamentos, de forma a encorajar a livre expressão do pensamento;

- b) Lista de atributos: técnica para dividir um tópico em suas partes fundamentais, modificando ou transferindo atributos para novas situações;
- c) SCAMPER: acrônimo originado das iniciais dos verbos substituir, combinar, adaptar, modificar, procurar outros usos, eliminar e rearrumar, trata-se de uma estratégia de *checklist* para transformar ideias e ampliar a compreensão sobre um determinado assunto a partir de perguntas do tipo “O que aconteceria se eu substituísse (combinasse, adaptasse, aumentasse, diminuísse, trocasse, remove-se, invertesse) tal informação?”;
- d) Condensação: ferramenta para sintetizar informações em busca da essência de um tópico;
- e) Sinética: técnica que consiste em fazer associações e analogias entre ideias aparentemente não relacionadas;
- f) Visualização: estratégia para criar imagens mentais de um assunto e/ou experiência passada;
- g) Dramatização: uso de habilidades artísticas (dança, canto, encenação, mímica, *stand-up*) para caracterizar uma situação potencialmente criativa.

Como o nosso foco é investigar a criatividade em Matemática, vislumbrando estratégias para desenvolvê-la em sala de aula, faz-se necessário delinear o que se entende por esse campo de pesquisa.

2.5.4 Criatividade em Matemática

No que tange à criatividade em Matemática, temática cada vez mais em voga em congressos da área de Educação Matemática pelo mundo, há uma vasta literatura internacional a respeito, com destaque especial para o trabalho pioneiro do matemático francês Jacques Hadamard (1865-1963), do psicólogo russo Vadim Krutetskii (1917-1991) e do matemático e educador húngaro George Polya (1887-1985), os quais ainda têm grande impacto na Educação Matemática (HADAMARD, 1945; KRUTETSKII, 1976; POLYA, 2006; GONTIJO, 2007b; SAK; AYVAZ; BAL-SEZEREL; ÖZDEMIR, 2017; GONTIJO; FONSECA; CARVALHO; BEZERRA, 2021).

Em sua obra *The psychology of invention in the mathematical field*, considerada um dos trabalhos mais influentes na área, Hadamard (1945) propôs pela primeira vez um modelo para descrever o processo criativo no domínio da Matemática. Baseado em seu trabalho como matemático e nos testemunhos de seus colegas matemáticos contemporâneos e influenciado pela Psicologia Gestalt e pelo trabalho do eminente matemático francês Henri Poincaré a respeito do processo de criação em Matemática, ele foi o pioneiro em utilizar o modelo de Wallas (1926) para analisar a origem das descobertas em Matemática, servindo de inspiração para vários trabalhos na área de criatividade em Matemática (AIKEN, 1973; SRIRAMAN, 2004; SHEFFIELD, 2013).

Krutetskii (1976), por sua vez, publicou a obra seminal *The psychology of mathematical abilities in schoolchildren*, na qual investigou a natureza, o desenvolvimento e a avaliação de habilidades matemáticas acadêmicas (associadas ao pensamento convergente, ou seja, situações em que o pensamento lógico-dedutivo-algorítmico oferece um único caminho para se obter a solução desejada) e criativas (associadas ao pensamento divergente, isto é, situações que o pensamento não algorítmico, intuitivo, abstrato e original oferece mais de uma estratégia de resolução ou mais de uma resposta correta para o problema proposto) de alunos russos por meio da observação de processos de resolução de problemas.

Já Polya (2006) é considerado um dos precursores na área de resolução de problemas, sendo que o seu trabalho foi responsável por definir os fundamentos da pesquisa em criatividade em Matemática (SRIRAMAN, 2004; LEIKEN, 2009). Em seu livro *A arte de resolver problemas*, ele desenvolveu um influente modelo de resolução de problemas em Matemática baseado em 4 fases: compreensão do problema (envolvendo a definição, o entendimento, a caracterização e o detalhamento do problema por meio da identificação dos dados relevantes e das incógnitas), estabelecimento de um plano de trabalho para a resolução do problema (contemplando os procedimentos e estratégias essenciais para a obtenção da solução desejada), execução do plano (compreendendo uma sequência de passos até chegar à solução) e retorno ao problema (objetivando a revisão de todo o processo de resolução e a interpretação e validação da solução obtida por meio da reflexão sobre o trabalho realizado).

Tal modelo inspirou o desenvolvimento de outros modelos, testes e instrumentos para avaliar as habilidades criativas de estudantes dos ensinos fundamental e médio em Matemática pelo mundo (CARLTON, 1959; FOSTER, 1970; BALKKA, 1974; DUNN, 1975; SINGH, 1987; HAYLOCK, 1987; ERVYNCK, 1991; SILVER, 1994; LIVNE; MILGRAM, 2000; LEE; HWANG; SEO, 2003; KIM; CHO; AHN, 2003; TREFFINGER, 2003; SILVER; CAI, 2005;

MANN, 2005, 2006; GONTIJO, 2007a; FETTERLY, 2010; SAK, 2011; KATTOU; KONTOYIANNI; PITTA-PANTAZI; CHRISTOU, 2011; NADJAFIKHAH; YAFTIAN; BAKHSHALIZADEH, 2012; VALE; PIMENTEL, 2012; LEIKIN; PITTA-PANTAZI, 2013; BAL-SEZEREL; SAK, 2013; LEU; CHIU, 2015; BAHAR; MAKER, 2015; VALE; PIMENTEL; BARBOSA, 2015; AKGÜL; KAHVECI, 2016; PROENÇA, 2018).

A metodologia de resolução de problemas é considerada uma das estratégias didático-metodológicas promissoras para estimular a criatividade nas aulas de Matemática e desenvolver o senso crítico, o raciocínio lógico e a aprendizagem significativa dos alunos, sendo enfatizada por muitos autores como a mais criativa atividade matemática (POLYA, 2006; HAYLOCK, 1984, 1985, 1986, 1987, 1997; HASHIMOTO, 1997; SRIRAMAN, 2004; SHEFFIELD, 2005; LESTER JR. (2013); NADJAFIKHAH; YAFTIAN, 2013; SCHOENFELD, 2013; ARIKAN, 2017). Ao formular e testar hipóteses, fazer conjecturas e analogias em busca de padrões, estabelecer conexões entre conteúdos, escolher estratégias adequadas e justificar os passos de sua resolução, argumentar e defender seus pontos de vista, propor soluções alternativas, interpretar resultados e validar suas próprias conclusões e demonstrações, e errar e aprender com os próprios erros até chegar à solução, os alunos tornam-se mais ativos, independentes e confiantes na execução de suas tarefas.

Trata-se de um modelo muito rico e interessante no que se propõe, exigindo uma mudança de postura tanto do aluno quanto do professor em sala de aula (o professor como orientador e mediador no processo de ensino e aprendizagem, respeitando a individualidade, o ritmo e a capacidade de cada estudante, e o aluno como protagonista da construção do seu próprio conhecimento) e fortalecendo a confiança e a autoestima do estudante a partir de uma proposta de aprendizagem colaborativa. Particularmente, para a perfeita implementação de tais modelos em sala de aula no que tange ao ensino de Matemática, é fundamental que o professor privilegie os seguintes aspectos:

1. a escolha de um problema relevante que apresente mais de um modo correto de resolução, no intuito de introduzir um determinado conteúdo, estender algum conceito e gerar novos problemas;
2. o tempo necessário para que a preparação, a incubação, a iluminação e a verificação do problema sejam cumpridas sem prejudicar o andamento da matéria;
3. a resolução de problemas como um meio e não um fim para o ensino da Matemática, ou seja, deve-se buscar ensinar Matemática a partir da resolução de problemas e não para resolver problemas;

4. a participação ativa e colaborativa dos alunos;
5. uma avaliação formativa com ênfase na autorregulação e na autorreflexão da aprendizagem por parte do aluno e no efetivo *feedback* do trabalho realizado pelo estudante por parte do professor.

No cenário nacional, outra abordagem interessante no que tange à resolução de problemas, ainda que não os considerem como ferramenta para fomentar o pensamento criativo, é utilizada nos trabalhos de Onuchic (1999) e de Onuchic e Allevato (2006, 2011, 2012), as quais particularizaram tal estratégia como uma metodologia para o ensino, a aprendizagem e a avaliação em Matemática em sala de aula. Nesse sentido, tais autoras propõem um roteiro de aula para uma efetiva aplicação dessa metodologia que consiste em 7 etapas:

1. Seleção cuidadosa de um problema pelo professor, cujo conteúdo matemático necessário para resolvê-lo não tenha sido ainda trabalhado em sala de aula e cujo caminho para chegar à solução não seja óbvio nem imediato, visando à construção de um novo conceito matemático;
2. Entrega de uma cópia do problema a ser resolvido para cada aluno, solicitando que seja feita uma leitura individual;
3. Formação de pequenos grupos por parte dos alunos, solicitando agora que seja feita uma leitura coletiva;
4. Resolução do problema pelos alunos, após o entendimento do enunciado, em um trabalho cooperativo e colaborativo mediado pelo professor, o qual deve intervir apenas pontualmente para dirimir dúvidas;
5. Registro das resoluções no quadro por um representante de cada grupo;
6. Realização de uma plenária coletiva envolvendo todos os alunos para discussão e análise das diferentes resoluções em busca de um consenso sobre o resultado correto;
7. Sistematização e formalização do conteúdo por parte do professor em linguagem matemática por meio das definições, conceitos, propriedades, procedimentos e demonstrações pertinentes ao conteúdo trabalhado em aula, o que representa um contraponto à aula tradicional de Matemática.

Além da resolução de problemas, outras duas habilidades importantes utilizadas pelo professor como ferramentas para a caracterização, o desenvolvimento e a avaliação da criatividade em Matemática em sala de aula são a formulação de problemas (*problem posing*, em inglês) e a redefinição de problemas (*problem redefinition*, em inglês). A partir da análise de produções de estudantes acerca da elaboração de um novo problema e/ou da reorganização

dos dados de um problema original para gerar novas maneiras de representá-lo ou mesmo novos problemas originais, várias pesquisas internacionais propõem que existe uma relação direta entre essas estratégias e a criatividade em Matemática (HAYLOCK, 1984, 1985, 1986, 1987, 1997; SILVER, 1985, 1997; SILVER *et al.*, 1996; SILVER; CAI, 1996; LEUNG, 1997; ENGLISH, 1997a, 1997b; STOYANOVA, 1997; LIVNE; LIVNE; MILGRAM, 1999; LIVNE; MILGRAM, 2000, 2006; SRIRAMAN, 2004; PITTALIS; CHRISTOU; MOUSOULIDES; PITTA-PANTAZI, 2004; CHRISTOU; MOUSOULIDES; PITTALIS; PITTA-PANTAZI; SRIRAMAN, 2005; PELCZER, 2008; LILJEDAHN, 2008; SINGER; PELCZER; VOICA, 2009; YUAN; SRIRAMAN, 2011; SRIRAMAN; LEE, 2011; HARPEN; SRIRAMAN, 2013; VOICA; SINGER, 2013; NADJAFIKHAH; YAFTIAN, 2013; ARIKAN, 2017). Tais pesquisas ilustram ainda a importância dessas estratégias para fornecer um *feedback* ao professor a respeito do nível de compreensão das atividades matemáticas desenvolvida em sala de aula pelos alunos, além de medir as suas atitudes no tocante às tarefas propostas.

Outros estudos merecem destaque ao focarem na relação entre a criatividade em Matemática e outros fatores correlatos tais como o talento matemático em estudantes do ensino médio, o rendimento dos alunos em avaliações de Matemática em sala de aula, o desempenho de alunos participantes de competições de resolução de problemas fora do ambiente de sala de aula, as emoções, atitudes e crenças dos alunos em relação à Matemática, a autopercepção das habilidades criativas por parte dos alunos, a percepção do professor da habilidade criativa e/ou do talento matemático e as habilidades cognitivas requeridas na resolução de problemas abertos (JENSEN, 1973; SRIRAMAN, 2005; KWON; PARK; PARK, 2006; MANN, 2009; LEV-ZAMIR; LEIKIN, 2011, 2013; ALHUSAINI; MAKER, 2011; BAHAR; MAKER, 2011, 2015; KATTOU *et al.*, 2013; BAHAR, 2013; AKGÜL; KAHVECI, 2016; AMARAL, 2016; BAHAR; KANBIR, 2019; KOZLOWSKI; CHAMBERLIN; MANN, 2019).

No cenário nacional, a produção acadêmica acerca de criatividade em Matemática ainda é incipiente. Vale a pena mencionar o trabalho de Dante (1980, 1988) em sua tese de Doutorado e em sua tese de Livre Docência como marco inicial na pesquisa sobre criatividade e resolução de problemas na prática educativa em Matemática. Outro estudo importante é a tese de Gontijo (2007a), na qual aparece pela primeira vez uma definição objetiva de criatividade em Matemática no âmbito das pesquisas no Brasil. Segundo ele, a criatividade em Matemática é

a capacidade de apresentar inúmeras possibilidades de solução apropriadas para uma situação-problema, de modo que estas focalizem aspectos distintos do problema e/ou formas diferenciadas de solucioná-lo, especialmente formas incomuns, tanto em situações que requeiram a resolução e elaboração de problemas como em situações que solicitem a classificação ou organização de objetos e/ou elementos matemáticos

em função de suas propriedades e atributos, seja textualmente, numericamente, graficamente ou na forma de uma sequência de ações (GONTIJO, 2007a, p. 38).

Trata-se de uma definição rica e que contempla três habilidades cognitivas relacionadas à criatividade: fluência de ideias (“[...] inúmeras possibilidades de soluções apropriadas para uma solução-problema”), flexibilidade de pensamento (“[...] aspectos distintos do problema e/ou formas diferenciadas de solucioná-lo”) e originalidade (“[...] especialmente formas incomuns”) no âmbito da Matemática, além de valorizar diferentes estratégias de fomento à criatividade (resolução e elaboração de problemas) bem como maneiras de expressá-la (textualmente, numericamente, graficamente ou por meio de uma sequência de ações).

No processo de resolução e elaboração de problemas, não basta apenas gerar ideias na busca da solução desejada. É essencial que se verifique a razoabilidade e a plausibilidade dessa solução por meio do desenvolvimento de um pensamento crítico que leve a uma tomada de decisão adequada. Nesse contexto, Fonseca e Gontijo (2020) estenderam o conceito de criatividade matemática de Gontijo (2007a) ao definirem pensamento crítico e criativo em Matemática como sendo

[...] a ação coordenada de geração de múltiplas e diferentes ideias para solucionar problemas (fluência e flexibilidade de pensamento) com o processo de tomadas de decisão no curso da elaboração dessas ideias, envolvendo análises dos dados e avaliação de evidências de que os caminhos propostos são plausíveis e apropriados para se chegar à solução, argumentando em favor da melhor ideia para alcançar o objetivo do problema (originalidade ou adequação ao contexto). Em outras palavras, o uso do pensamento crítico e criativo se materializa por meio da adoção de múltiplas estratégias para se encontrar resposta(s) para um mesmo problema associada à capacidade de refletir sobre as estratégias criadas, analisando-as, questionando-as e interpretando-as a fim de apresentar a melhor solução possível (FONSECA; GONTIJO, 2020, p. 971-972).

Como buscamos mostrar com os trabalhos destacados ao longo do texto, o campo de investigação sobre criatividade em Matemática tem crescido significativamente nos últimos tempos. Um dos elementos centrais nesses trabalhos é a resolução de problemas, que será objeto de discussão na próxima seção.

2.5.5 A matriz de estrutura de continuidade de problemas e o roteiro de oficinas de pensamento crítico e criativo em Matemática

Quando falamos sobre resolução de problemas e criatividade em Matemática, é fundamental esclarecer a que tipo de problema estamos nos referindo.

Segundo Dante (1988, p. 10), um problema matemático é “qualquer situação que exija a maneira matemática de pensar e conhecimentos matemáticos para solucioná-la”.

Basicamente, os problemas podem ser classificados em dois tipos (ONUCHIC; ALLEVATO, 2011):

1. **Rotineiros:** presentes nas tradicionais listas de exercícios de fixação dos livros didáticos, são caracterizados por serem bem definidos e utilizarem questões fechadas que não requerem estratégias diferenciadas de resolução, pois podem ser resolvidos de um único modo convencional, pela aplicação direta de algum conceito, fórmula e/ou algoritmo conhecido aos dados do problema na busca da única resposta numérica desejada;
2. **Não rotineiros:** envolvem questões abertas, as quais podem ser resolvidas de várias maneiras e possuem múltiplas respostas não imediatas, requerendo uma tomada de decisão e algum grau de imaginação em sua resolução. Segundo Proença (2018, p. 27-28), tais problemas requerem uma participação ativa do aluno para solucioná-los e são desafiadores, visto que não há procedimentos previamente conhecidos ou solução já indicadas (é preciso que a pessoa mobilize conhecimentos prévios e habilidades cognitivas para chegar a uma resposta).

Todavia, no que tange à apresentação, à estrutura, à formulação, ao número de soluções, ao tipo de habilidade cognitiva requerida em sua resolução e aos métodos de solução, é possível distinguir 6 tipos de problemas (SCHIEVER; MAKER, 2003; BAHAR; KANBIR, 2019):

- a) **Tipo I:** problema fechado bem definido e estruturado, resolvido de apenas uma maneira e com uma única resposta correta. Neste caso, professor e aluno conhecem o problema e o método de solução (em geral, por meio de um algoritmo e/ou fórmula conhecida);
- b) **Tipo II:** problema fechado conhecido pelo professor e pelo aluno, mas o método de solução e a solução são conhecidos apenas pelo professor (o aluno precisa descobrir o método apropriado e aplicá-lo para resolver o problema);
- c) **Tipo III:** problema fechado conhecido pelo professor e pelo aluno, mas que possui mais de um método para chegar à solução correta;
- d) **Tipo IV:** problema aberto conhecido pelo professor e pelo aluno, mas que pode ser resolvido de mais de uma maneira e o professor conhece uma variedade de soluções;
- e) **Tipo V:** problema aberto conhecido pelo professor e pelo aluno, mas o método e a solução são desconhecidos para ambos;
- f) **Tipo VI:** problema aberto desconhecido para o professor e para o aluno, que pode ter ou não ter solução. Em caso afirmativo, ele pode ser resolvido de inúmeras

maneiras e há uma infinidade de soluções possíveis e de maneiras de obtê-las. Por se tratar de um problema abstrato e subjetivo, ele demanda investigação, pesquisa e criatividade por parte do aluno, o qual deve determinar quais métodos podem ser melhores que outros e se algum método é apropriado, com a possibilidade de que não haja métodos apropriados porque não há solução definitiva.

Schiever e Maker (2003) sintetizaram tal *continuum* de problemas desde os tipicamente fechados do Tipo I aos totalmente abertos do Tipo VI por meio de uma estrutura matricial que permite observar a transição dos problemas fechados dos tipos I, II e III para os problemas abertos dos tipos IV, V e VI, conforme a figura a seguir:

Figura 3 – Matriz de estrutura de continuidade de problemas

Tipo de problema	Problema		Método		Solução	
	Professor	Estudante	Professor	Estudante	Professor	Estudante
Fechados	I	Específico	Conhecido	Conhecido	Conhecido	Desconhecido
	II	Específico	Conhecido	Conhecido	Desconhecido	Desconhecido
	III	Específico	Conhecido	Parcialmente conhecido	Desconhecido	Desconhecido
Abertos	IV	Específico	Conhecido	Parcialmente conhecido	Desconhecido	Desconhecido
	V	Específico	Conhecido	Desconhecido	Desconhecido	Desconhecido
	VI	Desconhecido	Desconhecido	Desconhecido	Desconhecido	Desconhecido

Fonte: Fonseca e Gontijo (2021, p. 9)

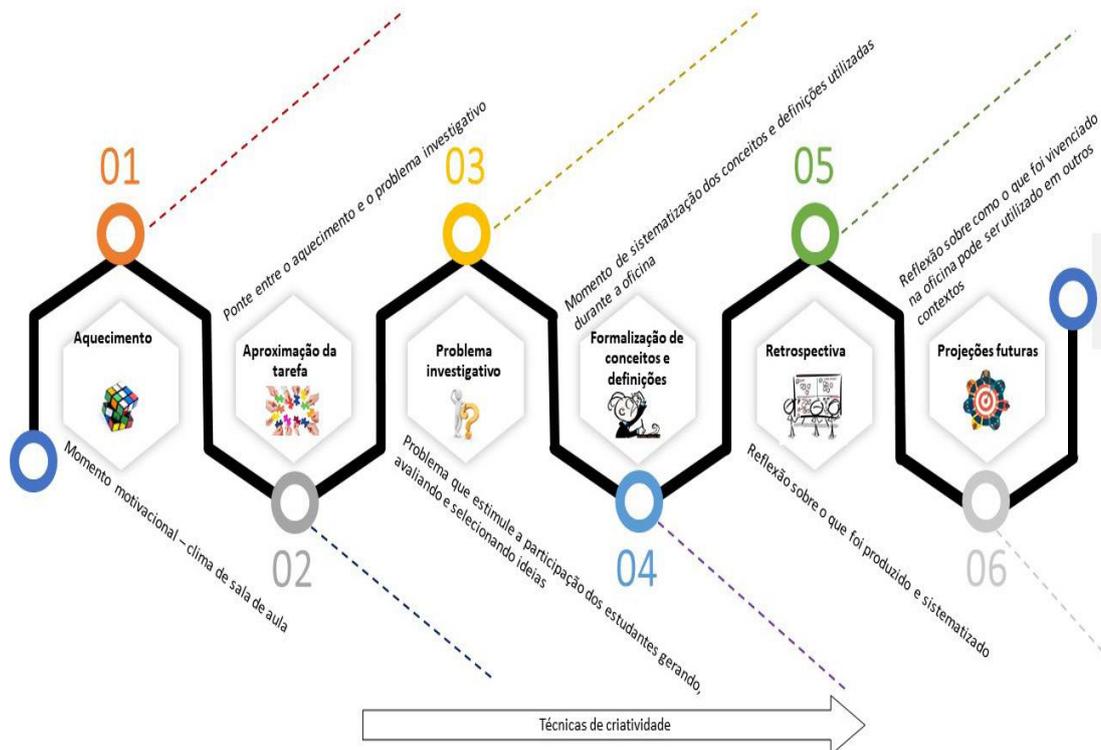
No tocante à temática de funções, eis alguns exemplos de cada um dos tipos supracitados:

- a) **Tipo I:** Determinar o domínio da função $f(x) = \ln(x^2 - 5x + 6)$.
- b) **Tipo II:** Encontrar uma expressão para a função $f(x)$ sabendo que $f(3x - 1) = 9x - 1$.
- c) **Tipo III:** Considerando a função $f(n) = n^2 - n + 41$, calcular $f(n)$ para $n = 0, 1, \dots, 41$ e descobrir um padrão nas respostas.
- d) **Tipo IV:** Listar tantas funções quanto puder cujos gráficos passam pelo ponto $(1, 1)$.
- e) **Tipo V:** Descrever situações da vida real que podem ser modeladas por uma função exponencial, discutindo como uma das variáveis depende da outra nas relações funcionais apresentadas.
- f) **Tipo VI:** Discutir a existência de algum astro que navega pelo universo cuja trajetória, em algum momento, se assemelha ao gráfico de uma função quadrática.

Pelo exposto acima, percebe-se que os problemas dos tipos IV, V e VI têm maior potencial para o estímulo do pensamento crítico e criativo dos estudantes. Ao não demandarem uma regra pré-estabelecida para a sua resolução e possibilitarem que os alunos escolham a abordagem/método com o qual eles se sentem mais confortáveis para resolvê-los, tais problemas aguçam a curiosidade e promovem a confiança dos alunos, razões pelas quais eles merecem ser incentivados pelo professor em sala de aula.

Uma maneira de implementar essas ideias na prática educativa em sala de aula tem sido utilizada pelo grupo de Pesquisas e Investigações em Educação Matemática da Universidade de Brasília (PI/UnB) em oficinas pedagógicas para promoção do pensamento crítico e criativo em Matemática, as quais aliam técnicas de criatividade a situações-problema dos tipos descritos nessa matriz de estrutura de continuidade de problemas. Tais oficinas seguem um roteiro composto de 9 elementos (GONTIJO, 2020), a saber: objetivos, problema a ser resolvido, conteúdos da atividade, público-alvo, pré-requisitos, materiais utilizados, tempo de duração da atividade, resultados esperados e estratégias de ensino e aprendizagem. As estratégias de ensino e aprendizagem, por sua vez, subdividem-se em 6 fases, conforme o infográfico a seguir (FONSECA; GONTIJO, 2020b):

Figura 4 – Oficinas pedagógicas de pensamento crítico e criativo em Matemática



Fonte: Fonseca e Gontijo (2020b)

O **aquecimento** corresponde a uma atividade exploratória, de cunho motivacional, a fim de estimular os estudantes a se envolverem com as próximas tarefas. Tal atividade não precisa estar conectada ao tema da aula nem ter um caráter matemático. Pode ser uma brincadeira, um jogo, um enigma etc., de modo a aguçar a curiosidade e favorecer o engajamento dos alunos.

A **aproximação com a tarefa** é o momento em que se propõe uma atividade (em geral, de baixa complexidade e de caráter motivacional) que aproxima os estudantes da questão matemática central a ser desenvolvida ao longo da oficina.

O **desenvolvimento da tarefa (problema investigativo)** é a principal atividade desenvolvida junto com os estudantes, tendo como objeto central a ação de resolução de problemas. A partir de algumas questões, os alunos produzem as suas soluções e argumentam acerca dos resultados encontrados ou retornam ao início das atividades para reconstruir os caminhos trilhados, testar hipóteses e construir novas soluções.

A **sistematização** é o momento da formalização matemática por parte do professor dos conceitos e definições presentes nas produções dos estudantes durante a oficina.

A **retrospectiva** é a fase caracterizada pela revisão de todas as atividades realizadas ao longo da oficina, levando os estudantes a refletirem sobre todas as suas ações, destacando as aprendizagens ocorridas. Nesse momento, busca-se recolher depoimentos relativos às experiências de aprendizagem (como as atividades que os alunos mais apreciaram e as que menos apreciaram) e as emoções e as percepções conectadas a essas experiências.

Por fim, a fase das **projeções futuras** consiste em possibilitar aos estudantes continuar explorando os temas trabalhados na oficina em outros contextos em que estão inseridos, de forma a estender e aprofundar os conceitos trabalhados na oficina em outras situações.

De posse do arcabouço teórico que sustenta a nossa pesquisa, vamos agora detalhar os procedimentos metodológicos visando responder às questões norteadoras de nossa investigação.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Considerando o objetivo geral e os objetivos específicos que norteiam esta tese, podemos subdividir a metodologia que a fundamenta em duas partes, objetivando delinear as diversas etapas deste trabalho.

A primeira, de cunho teórico, foi desenvolvida por meio de uma ampla revisão da literatura disponível sobre a temática da criatividade, visando fornecer um ferramental teórico adequado aos propósitos da pesquisa. Ela consistiu em 3 etapas:

1. Análise documental das diretrizes que norteiam a BNCC (BRASIL, 2018a), o Currículo em Movimento da Educação Básica do DF (DISTRITO FEDERAL, 2014a, 2014b, 2014c, 2018, 2019) e a BNC-Formação (BRASIL, 2020a), a fim de verificar como as recomendações curriculares presentes nesses documentos oficiais destacam o desenvolvimento da criatividade como um elemento importante para a educação escolar e para a formação de professores;
2. Pesquisa bibliográfica de artigos, dissertações e teses correlatos à temática de criatividade, com ênfase especial em criatividade em Matemática;
3. Revisão de literatura de importantes pesquisadores das áreas de formação de professores, de conhecimentos docentes para o ensino da Matemática, de criatividade e de criatividade em Matemática.

A segunda, de natureza empírica, foi desenvolvida em uma disciplina que, no fluxo regular, está posicionada no 7º semestre do curso de licenciatura em Matemática de uma universidade pública do DF durante o primeiro semestre letivo (19 de agosto a 9 de dezembro) de 2020. Em virtude das limitações impostas pelo distanciamento social no contexto da pandemia de Covid-19 e da conseqüente suspensão das aulas presenciais na educação básica e no ensino superior no Brasil a partir de março de 2020, a pesquisa de campo, originalmente planejada para a modalidade de ensino presencial, foi adaptada e executada via ensino remoto.

A referida disciplina foi escolhida como o *locus* de nossa investigação por três razões principais:

1. No contexto pandêmico supracitado, poucas possibilidades de espaços de pesquisa estavam disponíveis, e tal disciplina se mostrou apropriada e possível para os objetivos de nossa investigação;
2. Trata-se de uma disciplina prática obrigatória específica para a docência do curso de licenciatura em Matemática escolhido, o que se coaduna com o nosso interesse em

investigar a temática de criatividade em um curso destinado à formação inicial de futuros professores de Matemática;

3. O conteúdo abordado no curso versava sobre apresentação, elaboração e construção de propostas alternativas e/ou materiais pedagógicos e recursos tecnológicos para o processo de ensino e aprendizagem de Álgebra no ensino médio, em cujo currículo a temática de funções ocupa posição de destaque.

A disciplina em questão, ministrada no formato *on-line*, com encontros síncronos e atividades assíncronas, por meio da plataforma *Zoom*, foi desenvolvida sob a perspectiva de uma atividade investigativa cuja finalidade era embasar o pesquisador em sua reflexão sobre o potencial didático-pedagógico de um modelo teórico-prático para orientar a formação inicial de professores no tocante aos conceitos de criatividade em Matemática (GONTIJO, 2007a) e de pensamento crítico e criativo em Matemática (FONSECA; GONTIJO, 2020). O seu objetivo era fornecer uma formação especializada sobre conhecimentos pedagógicos voltados à criatividade e permitir aos licenciandos utilizar esses conhecimentos para desenvolver estratégias de ensino acerca do conteúdo de funções por meio do modelo de oficinas de estímulo ao pensamento crítico e criativo em Matemática proposto por Gontijo (2020) e da matriz de estrutura de continuidade de problemas proposta por Schiever e Maker (2003).

A seguir passaremos a descrever detalhadamente o percurso metodológico adotado na realização da parte prática de nossa pesquisa, de acordo com a temática, o objetivo geral, os objetivos específicos e o arcabouço teórico definido anteriormente.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Como estamos interessados em analisar o fenômeno da criatividade a partir das concepções de futuros professores de Matemática, o foco de nosso trabalho está na compreensão e na interpretação dos significados subjetivos oriundos do material coletado junto a esses sujeitos durante a nossa investigação. Para atingir tal meta, desenvolvemos uma pesquisa de natureza qualitativa por meio de uma abordagem epistemológica sob a perspectiva fenomenológico-hermenêutica.

Segundo Bogdan e Biklen (1994, p. 16, 47-51), Flick (2009, p. 23-25) e Creswell (2010, p. 208-209), a pesquisa qualitativa contempla os seguintes aspectos essenciais:

1. As questões norteadoras são formuladas com o objetivo de investigar os fenômenos em sua complexidade e em seu ambiente natural, constituindo o pesquisador como instrumento principal;
2. Os dados coletados são predominantemente descritivos e carregados de detalhes e pormenores relativamente a pessoas, locais e conversas;
3. O pesquisador interessa-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos, ou seja, a pesquisa é feita com o intuito de descobrir o novo e desenvolver teorias empiricamente fundamentadas;
4. O pesquisador tende a analisar os seus dados de forma indutiva (a partir da observação de casos particulares que vão sendo relacionados em busca de uma generalização) e subjetiva (suas atitudes, impressões e observações em campo tornam-se parte do processo de produção do conhecimento);
5. Há uma variedade de abordagens teóricas e de métodos na pesquisa, sendo que o objeto em estudo é o fator determinante para a escolha de um método (o foco é o estabelecimento de estratégias e procedimentos adequados que permitam ao pesquisador compreender as experiências, os comportamentos e os significados a partir das diferentes perspectivas dos sujeitos da pesquisa sobre o objeto).

De acordo com Gamboa (2007) e Bicudo (2013), a abordagem epistemológica sob a perspectiva fenomenológico-hermenêutica permite a compreensão da essência do fenômeno em suas várias manifestações no contexto em que está inserido, privilegiando as percepções, a subjetividade do sujeito e técnicas qualitativas no processo de desvendar a realidade.

3.2 SUJEITOS E CENÁRIO DA PESQUISA

Participaram da pesquisa 28 estudantes do curso de licenciatura em Matemática de uma universidade pública do DF, sendo 20 homens (71,4%) e 8 mulheres (28,6%), cujas idades variavam de 20 (idade mínima) a 36 (idade máxima) anos, com mediana de 22 anos e média de 22,8 anos.

No que concerne à experiência profissional dos licenciandos, 89,3% tinham experiência como docente, sendo a atividade de monitoria mencionada pela metade (50%) dos participantes. Outras atividades docentes mencionadas pelos alunos englobavam a atuação como professor regente (10,7%), professor particular (10,7%), professor assistente (7,1%), estagiário (3,6%),

professor de cursinho voluntário (3,6%) e ministrante de aulas e/ou oficinas pelo Pibid ou pelo laboratório de ensino de Matemática da referida instituição (3,6%).

Também buscamos conhecer elementos relacionados aos motivos que levaram os estudantes a estudar Matemática na universidade e a escolher essa área do conhecimento como campo profissional no magistério. Segundo 85,7% dos participantes, a afinidade e a facilidade com os números nos anos escolares foi um fator decisivo para a escolha da Matemática como objeto de estudo. Registra-se que para 64,3% dos alunos, o desejo de lecionar e compartilhar conhecimentos foi a razão principal para escolherem a carreira de professor de Matemática. Vale a pena mencionar que alguns estudantes foram influenciados por familiares (mães, pais e avós) que eram docentes e por professores que eles admiravam ao longo do seu percurso formativo na educação básica.

3.3 INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS

Na coleta de dados foram utilizados os seguintes instrumentos:

- a) 4 formulários *on-line* construídos pelo pesquisador com a ferramenta de criação de questionários interativos *Google Forms*, os quais foram enviados pelo professor da disciplina por meio eletrônico aos alunos para serem respondidos de forma assíncrona;
- b) 11 videoaulas síncronas (videoconferências *on-line* pela plataforma *Zoom*), as quais ocorriam semanalmente no horário estabelecido para o desenvolvimento da disciplina, com duração média de 1h30 cada uma. Tais aulas foram gravadas pelo professor da disciplina e monitoradas pelo pesquisador, com o consentimento de todos os licenciandos;
- c) 7 registros escritos na forma de roteiros de oficina produzidos pelos estudantes como parte da avaliação na disciplina.

Além disso, foi utilizado um diário de campo, no qual o pesquisador registrou as percepções, o comportamento e as falas dos licenciandos durante as aulas síncronas, bem como observações, reflexões e comentários pessoais pertinentes à pesquisa a fim de subsidiar a interpretação das informações produzidas ao longo das aulas.

Salientamos que a comunicação oficial entre os alunos e o professor da disciplina era realizada pelo ambiente virtual de aprendizagem *Moodle* e por *e-mail*. Outras formas de comunicação contemplavam o aplicativo de troca de mensagens *WhatsApp* (para o professor

enviar atividades e *links* aos alunos para as aulas síncronas) e o *chat* do *Zoom* (para manifestações dos alunos durante as aulas síncronas). Destaca-se que não houve nenhum tipo de relação interpessoal do pesquisador com os participantes da pesquisa durante as aulas do curso. Ainda que o pesquisador tenha assistido às aulas síncronas pelo *Zoom* a convite do professor (sempre com áudio e vídeos desligados), ele não fazia parte do grupo de *WhatsApp* da turma nem participava do *chat* durante as aulas. Trata-se, pois, de uma pesquisa exploratória em que o pesquisador foi um observador completo e um mero espectador do cenário da pesquisa. Essa postura de distanciamento e de não interferência na coleta de dados foi adotada para eliminar possíveis vieses (por exemplo, receio dos licenciandos de manifestar suas opiniões durante as aulas) que pudessem comprometer os resultados da investigação.

3.4 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES E PROCEDIMENTOS DE COLETA E REGISTRO DOS DADOS

Podemos caracterizar o processo de coleta de dados em três momentos – antes, durante e após o período de aulas da disciplina na qual a pesquisa foi realizada –, os quais passaremos a descrever a seguir.

O primeiro momento caracterizou-se pela aplicação de 3 questionários para levantamento das percepções prévias dos estudantes acerca de temas envolvidos na pesquisa.

O questionário 1 era composto de três seções. Na primeira, todos os licenciandos preencheram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e concordaram em participar da pesquisa intitulada “Concepções e práticas pedagógicas de estudantes de licenciatura acerca da criatividade em Matemática”, autorizando a gravação em áudio e vídeo das aulas e a divulgação do conteúdo de suas falas e imagens para fins exclusivos dessa investigação, resguardados o sigilo, o anonimato e a confidencialidade das informações de cada participante. Na segunda, procurou-se traçar o perfil pessoal (idade e gênero) e profissional (experiência docente) dos licenciandos. Por último, os alunos responderam a 13 questões, das quais 3 eram abertas (nas quais eles deviam discorrer sobre concepções de criatividade e características de alunos e professores criativos) e 10 fechadas, sendo 3 de múltipla escolha (nas quais eles deviam avaliar a própria criatividade, informar acerca de experiências prévias com a teoria de criatividade e elencar fatores inibidores à promoção da criatividade por parte dos alunos em sala de aula) e 7 por meio uma de escala *Likert* de 4 ou 5 pontos (versando sobre a criatividade no contexto educacional a partir da tríade aluno, professor e escola) em que um

código deveria ser selecionado pelo licenciando para verificar seu grau de concordância com cada afirmação. O TCLE está disponibilizado no Apêndice A, enquanto as duas últimas seções do questionário 1 estão disponibilizadas no Apêndice B.

O questionário 2 contemplava 20 questões abertas. As 6 primeiras abordavam temas como a escolha da licenciatura em Matemática como campo profissional, as características desejadas de um professor de Matemática para o exercício da docência, as características de uma excelente aula de Matemática e os motivos que levam alunos a ter aversão à essa disciplina. As demais questões (de 7 a 20) discutiam a temática da criatividade em seus múltiplos aspectos (contemplando o papel da criatividade no mundo contemporâneo, no aprendizado da Matemática e no currículo da licenciatura em Matemática, o papel do professor de Matemática no desenvolvimento do potencial criativo de seus alunos, fatores motivadores e limitantes do trabalho criativo nas aulas de Matemática, entre outros). Tal instrumento está disponibilizado no Apêndice C.

Já o questionário 3 era constituído de 8 questões abertas sobre o conteúdo matemático de funções, com ênfase nas técnicas de criatividade de *brainstorming*, *braindrawing* e lista de atributos para gerar palavras, frases, aplicações, gráficos, exemplos, definições, propriedades, representações, teoremas e demais informações relacionadas à essa temática. Tal instrumento está disponibilizado no Apêndice D.

O segundo momento, por sua vez, compreendia as aulas síncronas dessa disciplina, as quais tiveram início em 02/09/2020 e foram finalizadas em 09/12/2020. Tais aulas foram conduzidas pelo professor por meio de aulas expositivas e dialogadas com utilização de slides em *PowerPoint*, plataformas educacionais para atividades “gamificadas” e uso de calculadoras gráficas. O quadro a seguir sintetiza as atividades desenvolvidas durante tais encontros, totalizando aproximadamente 16 horas de duração.

Quadro 6 – Atividades desenvolvidas nos encontros síncronos

Encontro	Data da realização	Duração	Temática desenvolvida
1	02/09/2020	1h16min19	Pensamento crítico e criativo em Matemática
2	09/09/2020	1h25min51	Introdução ao conteúdo de funções
3	30/09/2020	1h12min53	Função afim
4	07/10/2020	1h04min41	Função quadrática – parte 1
5	21/10/2020	1h25min16	Função quadrática – parte 2
6	28/10/2020	1h31min51	Oficina de pensamento crítico e criativo em Matemática no ensino de funções quadráticas e a matriz de estrutura de continuidade de problemas

7	11/11/2020	1h58min35	Apresentação das oficinas pelos grupos 1 e 2
8	18/11/2020	1h54min54	Apresentação das oficinas pelos grupos 3 e 4
9	25/11/2020	2h09min31	Apresentação das oficinas pelos grupos 5 e 6
10	02/12/2020	1h01min06	Apresentação da oficina pelo grupo 7
11	09/12/2020	1h12min20	Fechamento da disciplina

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

No primeiro encontro, o professor abordou as definições de criatividade matemática (GONTIJO, 2007a) e de pensamento crítico e criativo em Matemática (FONSECA; GONTIJO, 2020a), as características do pensamento criativo (fluência, flexibilidade, originalidade e elaboração) e estratégias para estimular a criatividade em sala de aula (resolução, formulação e redefinição de problemas), as quais serviram de embasamento teórico para as atividades a serem desenvolvidas ao longo do semestre. Além disso, foram mencionadas as seguintes perspectivas de investigação da criatividade em Matemática no âmbito educacional (GONTIJO; FONSECA; CARVALHO; BEZERRA, 2021, p. 18):

1. Criatividade como recurso metodológico para dinamizar o trabalho do professor em sala de aula por meio de aulas inovadoras em que o conteúdo é apresentado de uma maneira diferente daquela proposta por aulas convencionais, favorecendo a aprendizagem significativa;
2. Criatividade como meio de construção de materiais didáticos manipuláveis, transformando a sala de aula em um espaço de experimentação para produzir artefatos que possam ilustrar aspectos matemáticos que estão sendo estudados;
3. Criatividade como resultado de um ambiente de sala de aula estimulante, acolhedor e inclusivo, em que os alunos têm liberdade para expor suas ideias; e
4. Criatividade como meio de construção de modelos simbólicos a partir de testes baseados na resolução de problemas abertos desafiadores e instigantes.

A temática de funções foi o foco dos próximos quatro encontros, englobando as habilidades contempladas pela BNCC no tocante ao pensamento algébrico nos ensinamentos fundamental e médio, com ênfase nos tópicos de equações, relações e funções, e atividades práticas lúdicas para trabalhar com conteúdos introdutórios sobre funções. Cada uma dessas quatro aulas foi iniciada com uma atividade de aquecimento, em geral uma atividade lúdica ou um desafio matemático para estimular a imaginação e favorecer o engajamento dos alunos. Em seguida, um tipo de função era escolhido para ser o tema da aula (com predominância para o

estudo de funções afins e quadráticas, as quais são as mais abordadas ao longo do ensino médio). O diferencial dessas aulas foi a maneira inovadora como cada uma delas foi elaborada, explorando as potencialidades pedagógicas de situações-problema diferentes das costumeiramente encontradas nos livros didáticos e no ensino tradicional para ensinar o conceito de função, as quais puderam propiciar a manifestação do pensamento crítico e criativo em Matemática por parte dos licenciandos nas atividades investigativas que foram apresentadas. Além de motivarem os estudantes para o estudo de funções, tais atividades ampliaram a sua capacidade de matematizar, isto é, pensar matematicamente, vivenciando a construção do conhecimento matemático e desenvolvendo o espírito investigativo nesse campo do conhecimento.

No sexto encontro, o professor apresentou dois tópicos relevantes para o andamento do curso. O primeiro foi um modelo de oficina de pensamento crítico e criativo em Matemática (GONTIJO, 2020) no campo da Álgebra para o ensino de funções quadráticas, a partir da modelagem da trajetória parabólica de um foguete de papel lançado de um tubo de PVC visando determinar a sua altura máxima a partir das coordenadas do vértice da parábola. E o segundo foi o detalhamento dos seis tipos de problemas que constituem a matriz de estrutura de continuidade de problemas (SCHIEVER; MAKER, 2003).

Os próximos quatro encontros foram reservados para os estudantes fazerem apresentações de trabalhos, que constituíam as atividades avaliativas da disciplina. Divididos em 7 grupos, os 28 licenciandos foram avaliados por meio do planejamento, elaboração, execução e apresentação de uma aula/oficina pedagógica destinada a alunos do ensino médio acerca do conteúdo de funções na perspectiva do pensamento crítico e criativo em Matemática. Cada oficina teve, em média, 50 minutos de duração, seguida de uma plenária para socialização de reflexões, e foi baseada no roteiro de oficinas de criatividade apresentado pelo professor (GONTIJO, 2020), contemplando técnicas de criatividade e problemas fechados e abertos abrangendo os tipos descritos na Matriz de Estrutura de Continuidade de Problemas. O quadro a seguir sintetiza o conteúdo explorado em cada uma das oficinas realizadas.

Quadro 7 – Oficinas de pensamento crítico e criativo acerca do conteúdo de funções

Grupo	Título da oficina	Tema da oficina
1	Função seno	Funções trigonométricas
2	<i>Halloween</i> e a Matemática	Função afim
3	<i>Detetive Us</i>	Função afim
4	Função quadrática	Função quadrática
5	Conceitos de função e análise de gráficos	Funções afim e quadrática

6	Coeficientes de funções polinomiais	Funções afim e quadrática
7	Função exponencial	Função exponencial

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

No décimo primeiro encontro ocorreu o fechamento da disciplina, em que professor e alunos fizeram reflexões acerca das atividades desenvolvidas ao longo do semestre letivo. Nessa aula, o professor proporcionou aos licenciandos uma oportunidade para que eles socializassem suas percepções acerca do curso e da possibilidade de aplicação do conteúdo da disciplina em sua futura prática profissional como professores da educação básica.

Por fim, o terceiro momento de produção de informações para a pesquisa ocorreu após o último dia de aula, quando foi aplicado o questionário 4, o qual investigava as contribuições da disciplina sobre as concepções de criatividade, o ensino de funções e as práticas pedagógicas dos licenciandos por meio de 14 questões, sendo 12 abertas e 2 fechadas (múltipla escolha). Tal instrumento está disponibilizado no Apêndice E.

3.5 ANÁLISE DOS DADOS

Para tratamento e análise dos dados provenientes da leitura dos roteiros das oficinas, da gravação das videoaulas, das respostas escritas dos licenciandos às perguntas abertas dos questionários e das anotações do diário de campo, foram empregados como aporte teórico-metodológico alguns conceitos da Análise de Conteúdo, técnica muito utilizada nas Ciências Humanas e Sociais para analisar dados qualitativos de forma sistemática, robusta e organizada, ancorada na perspectiva de Laurence Bardin.

Segundo Bardin (2016), a Análise de Conteúdo é

um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 2016, p. 48).

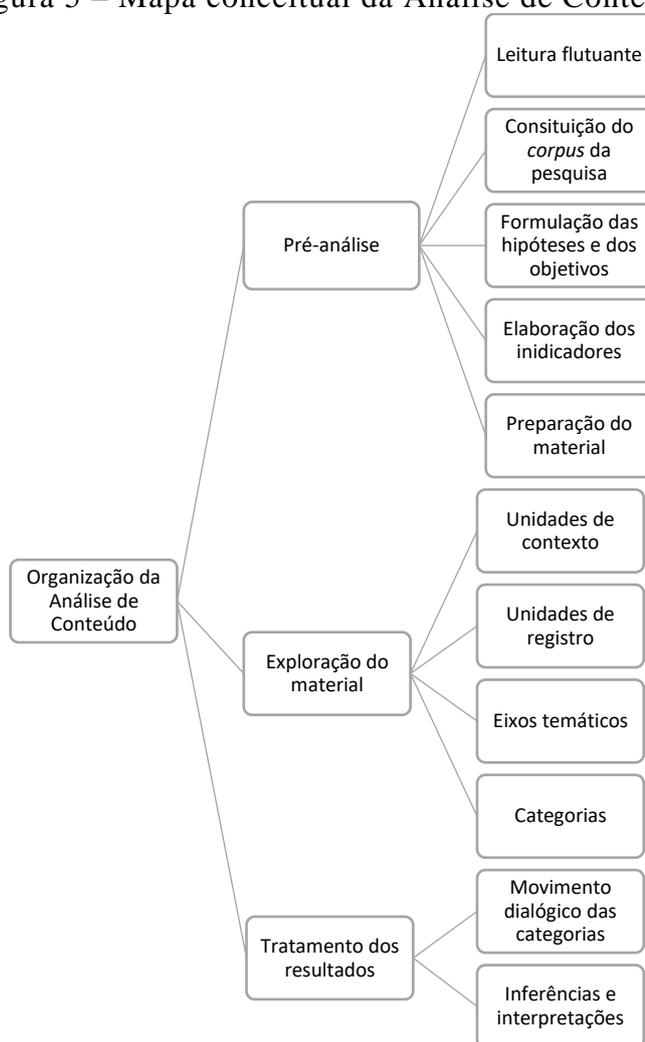
Outros autores também definiram a Análise de Conteúdo sob o ponto de vista qualitativo. De acordo com Franco (2018, p. 25), “a Análise de Conteúdo é um procedimento de pesquisa que se situa em um delineamento mais amplo da teoria da comunicação e tem como ponto de partida a mensagem”. Já Minayo (2002, p. 203) enfatiza que “o objetivo da Análise de Conteúdo é ultrapassar o nível do senso comum”.

Ao contextualizar a Análise de Conteúdo como procedimento de análise interpretativa de dados em pesquisas qualitativas, Rodrigues (2019a), por sua vez, sinaliza que

a Análise de Conteúdo procura ir além da descrição das mensagens, pois é preciso atingir uma compreensão mais aprofundada do conteúdo dessas mensagens, por meio da nossa interpretação. Nesse momento, podem existir duas possibilidades de interpretação. Aquela realizada a partir de um aporte teórico constituído, ou através de uma teoria que emerge a partir dos próprios dados. Seja qual for o modo, a interpretação é um momento crucial da Análise de Conteúdo (RODRIGUES, 2019a, p. 12).

De acordo com Bardin (2016), a Análise de Conteúdo compreende três etapas, conforme a figura a seguir:

Figura 5 – Mapa conceitual da Análise de Conteúdo



Fonte: Elaborado pelo autor (adaptado de Bardin, 2016, p. 132)

A etapa de **pré-análise**, correspondente à organização do material a ser analisado, compreende cinco fases (BARDIN, 2016; RODRIGUES, 2019b, 2019c):

1. **Leitura flutuante:** é a fase em que ocorre o primeiro contato do pesquisador com os dados coletados por meio de uma leitura superficial do material a fim de

sistematizar as ideias iniciais. Na presente pesquisa, a leitura flutuante nos possibilitou obter as primeiras impressões do material coletado;

2. **Constituição do *corpus* da pesquisa:** é a fase de delimitação do universo da pesquisa com a seleção e a escolha do material a ser efetivamente considerado na análise dos dados, obedecendo às regras de exaustividade, representatividade, homogeneidade, pertinência e exclusividade. Na presente pesquisa, selecionamos os dados dos 4 questionários *on-line*, das 11 videoaulas gravadas e dos 7 roteiros escritos das oficinas;
3. **Formulação das hipóteses e dos objetivos:** é a fase de proposição das afirmações e finalidades que pretende-se confirmar ou refutar por meio dos procedimentos da análise, atrelada ao referencial teórico que vai embasá-la, a partir dos aspectos recorrentes presentes nos documentos analisados;
4. **Elaboração dos indicadores:** é a fase de referência dos trechos (tema, palavra, personagem, acontecimento etc.) a serem analisados e da frequência com que eles aparecem no texto. Na presente pesquisa, a elaboração de tais indicadores foi realizada em um primeiro momento de forma manual, com a utilização de marcadores coloridos para destacar as palavras que apareciam com maior frequência nas respostas dos licenciandos. Posteriormente, foram usadas tabelas e nuvens de palavras para sistematizar tais dados;
5. **Preparação do material:** é a fase de organização, identificação e edição dos documentos visando a sua manipulação. Na presente pesquisa, fizemos manualmente a transcrição, a formatação, a padronização e o alinhamento semântico dos depoimentos dos licenciandos durante as videoaulas e de suas respostas aos questionários, as quais foram preservadas na íntegra e organizadas em tabelas de um arquivo *Word* no diário de campo, totalizando 123 páginas.

Já a etapa de **exploração do material**, correspondente ao estudo aprofundado do *corpus* da pesquisa a fim de elaborar códigos e categorias que fundamentem a interpretação final, subdivide-se em quatro fases (BARDIN, 2016; RODRIGUES, 2019b, 2019c):

1. **Unidades de contexto:** é a fase de identificação dos recortes significativos do conteúdo das mensagens provenientes das respostas dos participantes, as quais servem como unidades de compreensão para codificar as unidades de registro. Na presente pesquisa, a configuração das unidades de contexto foi obtida por meio de tabelas em um arquivo *Word* no diário de campo;

2. **Unidades de registro:** é a fase de codificação dos dados da pesquisa, ou seja, da transformação dos dados brutos em informações significativas. São as unidades básicas de significação (núcleos de sentido ou essência dos excertos), as quais podem ser pré-definidas a partir do referencial teórico (códigos dedutivos ou *a priori*) ou emergirem durante a análise dos excertos das respostas dos sujeitos (códigos indutivos ou *a posteriori*). No presente trabalho, realizamos uma codificação indutiva utilizando temas e palavras como nossos núcleos de sentido;
3. **Eixos temáticos:** é a fase de aglutinação das unidades de registro a partir de um procedimento minucioso de verificação das confluências e divergências entre os temas presentes nos núcleos de significado, considerando os objetivos, o referencial teórico e os dados da pesquisa;
4. **Categorias:** é a fase de síntese e refinamento dos dados presentes nos eixos temáticos, por diferenciação e posterior reagrupamento, a partir dos critérios de exclusão mútua, homogeneidade, pertinência, objetividade, fidelidade e produtividade. No presente trabalho, as categorias foram nomeadas a partir de rubricas reunindo temas recorrentes, agrupados por similaridade de significado.

Por fim, a etapa de **tratamento dos resultados**, correspondente à análise crítico-reflexiva das categorias por parte do pesquisador à luz das questões norteadoras, dos objetivos propostos para a pesquisa e do aporte teórico escolhido, compreende duas fases (BARDIN, 2016; RODRIGUES, 2019b, 2019c):

1. **Movimento dialógico das categorias:** é o processo recursivo de idas e vindas aos dados empíricos do *corpus* da pesquisa, ao referencial teórico e às anotações do pesquisador, entremeado por trechos dos documentos e trechos das falas e das respostas escritas dos participantes, para estabelecer conexões e relações, produzir inferências e interpretações e gerar novas dimensões teóricas acerca do fenômeno em estudo. Nessa fase, o pesquisador não deve se ater apenas ao conteúdo manifesto proveniente de uma leitura superficial dos documentos analisados, mas ir além, a partir de um esforço de abstração que permita descobrir novas nuances que passaram despercebidas à primeira vista e desvendar as entrelinhas em busca do conteúdo latente das mensagens, dando, assim, a sua contribuição pessoal à discussão já existente sobre o fenômeno em questão (FRANCO, 2018; LÜDKE; ANDRÉ, 2018; TRIVIÑOS, 2019);

2. **Interpretações e inferências:** é a fase de sistematização dos resultados da pesquisa a partir de uma síntese interpretativa das categorias de análise, balizada por inferências dedutivas, de modo a favorecer uma compreensão mais profunda do fenômeno investigado e contemplar os objetivos da investigação. Segundo Flick (2009, p. 276), “a interpretação dos dados é a essência da pesquisa qualitativa”.

No próximo capítulo, vamos utilizar os procedimentos metodológicos descritos anteriormente para analisar os dados coletados em busca das respostas às questões norteadoras de nossa pesquisa.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, vamos apresentar e analisar os resultados obtidos a partir dos instrumentos que constituem o *corpus* da pesquisa, intercalando-os com trechos relevantes das falas dos participantes e trechos de documentos a fim de mostrar evidências, reforçar nossos argumentos e corroborar nossas inferências e interpretações. Utilizaremos elementos de estatística descritiva (porcentagens) para tratar as respostas às perguntas fechadas dos questionários e aspectos da Análise de Conteúdo para analisar as informações provenientes das videoaulas, dos roteiros escritos e das respostas às perguntas abertas dos questionários, as quais serão categorizadas visando melhor apresentar os resultados encontrados.

A fim de preservar a identidade dos 28 participantes de nossa investigação, no decorrer da análise dos dados referentes aos questionários eles serão identificados por meio do seguinte código alfanumérico: L1 = licenciando 1, L2 = licenciando 2 e assim por diante até L28 = licenciando 28. Tal numeração, introduzida quando os dados referentes ao questionário 1 foram inseridos nas tabelas do diário de campo, permitiu associar o código ao nome do aluno presente no formulário do *Google Forms* e foi adotada nos demais questionários para garantir a identificação correta do sujeito da pesquisa com a resposta por ele emitida. Algumas informações merecem ser ressaltadas:

- a) Os questionários 1, 2 e 3 foram aplicados antes da primeira aula síncrona;
- b) O questionário 4 foi aplicado após a última aula síncrona;
- c) Nem todos os 28 participantes responderam aos 4 questionários.

Em virtude da multiplicidade de instrumentos e procedimentos de coleta dos dados, procederemos em seguida a uma triangulação dos dados empíricos que compõem o *corpus* da pesquisa com o referencial teórico e as anotações do pesquisador a fim de obter uma síntese interpretativa de todo o processo investigativo e, assim, reforçar a sua credibilidade, a sua confiabilidade e as conclusões realizadas.

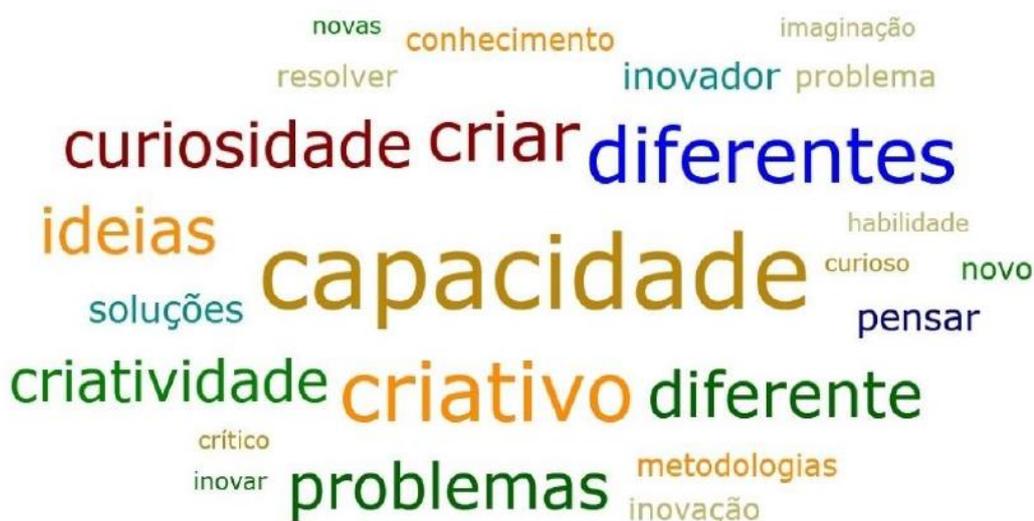
4.1 ANÁLISE DAS RESPOSTAS AOS QUESTIONÁRIOS 1 E 2

O questionário 1 consistia em 13 questões, sendo as 3 primeiras abertas e as 10 últimas fechadas, e foi respondido por todos os 28 licenciandos. Para a Análise de Conteúdo das questões abertas, utilizamos palavras como nossas unidades de registro.

O questionário 2 consistia em 20 questões abertas e foi respondido por todos os 28 licenciandos. Ele estava dividido em duas partes, abrangendo as temáticas de ensino de Matemática (questões de 1 a 6) e criatividade (questões de 7 a 20).

A figura a seguir apresenta a nuvem de palavras com os termos mais recorrentes nas respostas dos alunos às questões abertas 1, 2 e 3 do questionário 1, as quais versavam sobre as concepções dos licenciandos acerca da criatividade e das principais características que descrevem alunos e professores criativos, respectivamente. Tal nuvem de palavras foi elaborada por meio do *software* ATLAS.ti versão 9.0 para *Windows*, sendo que o tamanho da fonte indica o quão representativa é a palavra em termos de sua frequência de aparição.

Figura 6 – Nuvem de palavras associada às concepções dos licenciandos acerca da criatividade e das principais características que descrevem alunos e professores criativos



Fonte: ATLAS. ti

Em relação ao conhecimento prévio de aspectos teóricos de teorias sobre criatividade, destaca-se que 85,7% dos licenciandos mencionaram nunca terem participado de cursos, *workshops* ou seminários acerca dessa temática, o que evidencia que a disciplina analisada era o primeiro contato formal de tais alunos com essa área do conhecimento. Considerando essa informação e tendo a figura 6 como referência, emergiram as seguintes categorias de análise: (1) concepções prévias de criatividade; (2) características de alunos criativos; e (3) características de professores criativos.

4.1.1 Categoria 1: Concepções prévias de criatividade

Esta categoria compreende a visão dos licenciandos acerca do fenômeno criativo antes do início da disciplina. A partir dos dados coletados, a concepção de criatividade mais enfatizada pelos alunos diz respeito à capacidade/habilidade de produzir algo novo e original.

Para 82,1% dos participantes, a criatividade está associada à inovação. A título de ilustração, apresentamos a seguir alguns excertos extraídos das respostas dos licenciandos que balizam tal categoria:

L2: Para mim, ser criativo é pensar diferente e ser original, sem fazer o que todo mundo faz todos os dias.

L3: É conseguir pensar ou realizar algo que não é habitual. Ir além do óbvio.

L4: É a capacidade de criar algo novo, seja algo concreto ou algo mais abstrato, como uma resposta elaborada para um exercício, uma oficina etc.

L6: É o poder de inovar, de criar, é buscar alternativas e não ter medo de se arriscar.

L10: É a capacidade de inovar, encontrar saídas em meio a adversidades, reinventar, enxergar problemas por variados ângulos.

L14: É a arte de inovar, isto é, de pensar fora da caixa e construir algo surpreendente para algum público de alguma forma.

L26: Eu creio que é a capacidade de criar, a partir do conhecimento, experiências e tudo o que conhecemos, algo que não tenhamos visto antes como da forma que criamos no momento, algo que mesmo que já exista nós não conhecemos e nos colocamos como criadores daquilo.

Essas falas revelam uma concepção de criatividade intimamente ligada ao aspecto da originalidade de uma ideia e/ou produto. Percebe-se que, mesmo sem terem realizado estudos formais sobre o tema, particularmente na disciplina em que a pesquisa foi realizada, os estudantes apresentaram elementos típicos do que caracteriza a criatividade. Tais verbalizações revelam também que as concepções de criatividade dos alunos não enfatizaram o aspecto da sua utilidade (afinal, nem tudo o que é novo tem valor) nem o contexto sociocultural. Isso reforça a necessidade de os processos formativos de professores, tanto na formação inicial quanto na formação continuada, incluírem o debate sobre o tema, de modo que os professores possam se apropriar das características que compõem o conceito de criatividade, segundo Sternberg e Lubart (1995a), Amabile (1966), Runco (2004), Beghetto (2013c) e Robinson (2019).

Essa categoria revelou ainda que as percepções dos estudantes acerca da criatividade estão associadas mais ao produto do que à pessoa criativa, ao processo criativo e ao ambiente onde a criatividade se manifesta. Quando se relacionaram à pessoa criativa, voltaram-se mais para a dimensão pessoal da criatividade (*mini-c*), descrita por Beghetto e Kaufman (2007, 2009,

2013) e Helfand, Kaufman e Beghetto (2016), com foco no produto original para quem o produziu ou para o ambiente escolar em que está o aluno está inserido (por exemplo, quando o estudante resolve um problema da matemática escolar de forma inovadora em relação à maneira ensinada pelo professor e/ou pelo livro didático). Observa-se ainda uma ênfase nos atributos pessoais e psicológicos (traços de personalidade e habilidades cognitivas e emocionais) dos criadores. Os fatores socioculturais, históricos e ambientais que interferem nos processos criativos, conforme salientados nos modelos de criatividade propostos por Sternberg e Lubart (1991, 1992, 1995b, 1996, 1999), Amabile (1983, 1989, 1996, 2012), Csikszentmihalyi (1988a, 1988b, 1996, 1999) e Glăveanu (2010, 2013), não foram manifestados, evidenciando que para os licenciandos ainda predomina uma visão de criatividade como atributo individual.

Destaca-se ainda que 67,9% dos estudantes consideram que a criatividade não é um atributo com o qual o indivíduo já nasce e 89,3% consideram que a criatividade pode ser desenvolvida por qualquer aluno em sala de aula. Além disso, 75% deles disseram que a criatividade é uma característica de todos os alunos e não é um fenômeno raro. Esses percentuais reforçam o caráter universal e processual da criatividade na perspectiva dos licenciandos, corroborando as ideias de Vygotsky (2004), Sawyer (2012) e Robinson (2019).

Acerca de elementos essenciais para que o indivíduo apresente um produto considerado criativo, 57,1% dos alunos informaram discordar que a criatividade depende de possuir muito conhecimento prévio. Curiosamente, 100% dos respondentes informaram discordar que a criatividade é apenas relevante para Artes Visuais, Música, Drama e Performance Artística. Para eles, a criatividade pode ser manifestada em diferentes áreas do conhecimento, corroborando as palavras de Robinson (2019, p. 240): “a criatividade é possível em todas as disciplinas e deve ser promovida no decorrer de toda a educação”. Em particular, solicitados a informar o quanto consideravam as disciplinas escolares propícias ou não propícias para a manifestação da criatividade (em uma escala *Likert* de 4 pontos: não é propícia; pouco propícia; propícia; e muito propícia), encontramos as seguintes percepções dos alunos acerca das disciplinas, conforme o quadro a seguir:

Quadro 8 – Disciplinas escolares propícias para a manifestação da criatividade

Disciplinas escolares	% (Propícia e muito propícia)
Educação Artística*	96,4
Matemática	89,2
Física	85,7
Filosofia	82,1
Língua Portuguesa	71,5

Educação Física	71,4
Química	67,9
Sociologia	67,9
Biologia	60,7
História	57,1
Língua Estrangeira	50,0
Geografia	39,3

*Música, Artes Cênicas, Artes Visuais

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Essas percepções acerca das disciplinas propícias para a manifestação da criatividade dos alunos correspondem a certos mitos relacionados ao tema, especialmente os que reforçam que a área de Artes é a mais propícia à criatividade (ALENCAR; FLEITH, 2009; SAWYER, 2006, 2012). Surpreendeu-nos o fato de os licenciandos terem indicado a disciplina de Ciências da Natureza (Física) e a própria Matemática como aquelas que estão entre as mais favoráveis à manifestação da criatividade. Tal surpresa reside no fato de que os mitos sobre criatividade reforçam que as Ciências, em função de sua dimensão técnica e de precisão, não admitem criatividade (PLUCKER; BEGHETTO, 2004; SIMONTON, 2004; AYVAZ; BAL-SEZEREL; ÖZDEMIR, 2017).

Outro aspecto que nos chama a atenção refere-se à avaliação da criatividade. Entre os participantes, 32,1% discordam que a criatividade pode ser avaliada e 21,4% consideram que ela pode ser avaliada. Outros 46,4% se disseram indiferentes a essa questão. Uma possível explicação para essa posição dos estudantes pode estar relacionada à visão de criatividade relacionada principalmente com a pessoa (o indivíduo) e não a produtos, processos ou ambientes que promovem a criatividade. Sendo uma característica associada à pessoa sem relacioná-la a uma produção em um determinado campo, não faria sentido para eles que essa avaliação pudesse ser realizada.

Ampliando os aspectos tratados, destacamos que todos os respondentes foram unânimes em apontar a importância da criatividade no mundo contemporâneo, como atestam as seguintes falas:

L10: (A criatividade) É importante para criar soluções e oportunidades para que novas coisas surjam, seja num emprego, numa tomada de decisão para direcionar o rumo de um negócio empresarial ou várias outras coisas. A criatividade favorece o surgimento de novas ideias, e o surgimento de ideias favorece o progresso e a solução para problemas diversos do mundo contemporâneo.

L13: A criatividade no mundo contemporâneo é muito forte, está muito ligada à nossa modernização. Hoje nos deparamos com diversas situações em que precisamos sair da nossa zona de conforto e sermos criativos. Com a ascensão da tecnologia, especialmente em tempos de pandemia, exige-se uma capacidade individual de abstração das atividades desempenhadas a distância. Dessa maneira, a criatividade

permeia diversos campos do nosso cotidiano para que possa gerar inovações que movem o mundo: ideias brilhantes que moldam a forma como se pede comida, como se locomove, como interagimos com outras pessoas, como fazemos negociações.

4.1.2 Categoria 2: Características de alunos criativos

Esta categoria se refere ao perfil de um aluno criativo na visão dos licenciandos. Segundo eles, as três principais características que melhor descrevem um aluno criativo são: curiosidade (42,9%), resolver problemas de forma diferente (35,7%) e ter senso/pensamento crítico (14,3%). Em particular, os termos “diferente” e “diferentes” aparecem com destaque na nuvem de palavras da figura 6, o que é evidenciado pelos trechos a seguir:

L7: [...] imaginar alternativas pouco óbvias e adaptação a **diferentes** situações.

L8: Formas **diferentes** de realizar uma atividade [...].

L10: Procurar **diferentes** ângulos ao atacar um problema [...].

L24: Em Matemática, um aluno criativo é aquele que acha soluções **diferentes** das esperadas.

L25: [...] que acha formas **diferentes** de responder aos questionamentos.

L27: [...] capacidade de ver as coisas de **diferentes** perspectivas.

Outras características associadas a alunos criativos também foram mencionadas pelos licenciandos. Segundo eles, alunos criativos são confiantes, proativos, motivados, inovadores, persistentes, usam a imaginação, criam estratégias para resolver problemas, possuem pensamentos e ideias originais, têm iniciativa e desejo de realizar algo, trabalham com afinco, concentração e dedicação, não têm medo de errar, são inquietos e dispostos a desafios e dão respostas inesperadas e surpreendentes.

No que concerne à avaliação da própria criatividade, todos os participantes declararam possuir algum tipo de criatividade, sendo que 50% dos estudantes se consideravam pouco criativos, 42,9% criativos e 7,1% muito criativos. Essa autoavaliação positiva acerca da própria criatividade desmistifica a concepção de criatividade como dom inato restrito a uns poucos privilegiados dotados de talento, herança genética ou genialidade, reforçando o paradigma do Eu no modelo proposto por Glăveanu (2010).

O fato de 50% dos participantes se considerarem pouco criativos pode estar relacionado a suas percepções acerca de fatores inibidores à promoção da criatividade. Para 75% dos estudantes, os seus professores ao longo da educação básica não os estimulavam a gerar muitas ideias e depois testá-las. Eles também disseram (85,7%) que os professores não os encorajavam

a fazer uma “tempestade de ideias” para encontrar soluções para problemas. Ainda disseram (71,4%) que os seus professores não os incentivavam a pensar como aprendiam. Acerca desses elementos, Bezerra, Gontijo e Fonseca (2021) pontuaram a importância de os professores fornecerem *feedbacks* para os estudantes que estimulem o desenvolvimento de sua criatividade, particularmente no campo da Matemática. Para os autores, um *feedback* que promove a criatividade se caracteriza por:

1) estimular o desenvolvimento de habilidades de pensamento criativo, tais como fluência, flexibilidade e originalidade, bem como a análise e o julgamento das próprias ideias; 2) promover o desenvolvimento da autopercepção da capacidade criativa; e 3) impulsionar ou manter a motivação intrínseca (BEZERRA; GONTIJO; FONSECA, 2021, p. 94).

Ainda segundo os autores,

o *feedback* que valoriza as produções dos alunos como originais (no sentido da criatividade *mini-c*) pode favorecer a autopercepção da criatividade por parte dos estudantes, fazendo com que eles se enxerguem como seres capazes de gerar novas ideias e soluções aos problemas apresentados em sala, motivando-os a produzirem cada vez mais soluções originais e se sentirem confiantes com suas próprias capacidades (BEZERRA; GONTIJO, FONSECA, 2021, p. 95).

A pesquisa também investigou se os licenciandos buscavam ser criativos no desenvolvimento de suas atividades acadêmicas. Caso respondessem sim, deveriam indicar o maior desafio enfrentado para atingir tal meta; em caso negativo, os obstáculos que o impediam de incorporar o pensamento criativo nos seus trabalhos da universidade. Houve uma ligeira prevalência da resposta “Sim” (57,7%) em relação à resposta “Não” (42,3%). No primeiro caso, os maiores desafios mencionados foram a disposição, a falta de contato prévio com o pensamento criativo, a falta de tempo para cumprir o cronograma e o conteúdo abstrato que dificultava a busca por novas formas de resolver determinada questão. Já no segundo caso, os maiores obstáculos mencionados foram o ensino tradicional que preza pela repetição e memorização e professores que não estimulam a criatividade em sala de aula e privilegiam provas como método avaliativo. Eis algumas falas que evidenciam tais resultados:

L4: Sim, mas nem sempre. Se uma matéria ou professor consegue me despertar curiosidade sobre o conteúdo, eu tento sempre ser criativo nas minhas respostas, mas tenho dificuldades de tentar pensar de forma diferente do que me foi ensinado ou que eu tenha aprendido em um livro.

L6: Não, pois na maior parte das disciplinas as provas são o método de avaliação. Isso me fez uma pessoa que se preocupa menos com o processo e mais com o resultado.

L8: Não muito, pois, para ser criativo, precisa de tempo para pensar e trabalhar na criatividade e em algumas atividades não importa se você é criativo ou não, a nota será a mesma para os dois.

L13: Sim, busco ser criativa. Acredito que minha maior dificuldade é sair do óbvio e trazer uma seriedade. Muitas vezes minha criatividade foi julgada como “bagunça” ou algo relacionado.

L15: Busco ser criativa, mas são poucas as disciplinas que permitem isso. Tudo sempre se resume a um padrão que você precisa seguir e “aprender” para conseguir ser aprovado no final.

L16: Procuo recorrer ao tradicional por ser mais aceito coletivamente e por estar de acordo com a realidade fora da universidade.

A seguir, apresentamos um quadro acerca dos fatores promotores e dos fatores inibidores da criatividade nas aulas de Matemática, tanto no plano pessoal quanto no plano coletivo, identificados nas respostas dos licenciandos.

Quadro 9 – Fatores promotores e inibidores da criatividade nas aulas de Matemática

Plano	Fatores promotores da criatividade	Fatores inibidores da criatividade
Pessoal	Uso de tecnologias, estímulo recebido dos professores, contato com os alunos, contato com os exercícios após as aulas, desapego aos livros didáticos como ferramenta principal, liberdade para o desenvolvimento das atividades, vontade de aprender metodologias e ferramentas novas, pesquisa na Internet, ser autodidata e ter curiosidade, aulas não expositivas, contato estreito com o professor, aluno assumir o papel de protagonista na promoção do próprio conhecimento, sentir-se desafiado a resolver algo, sentir-se motivado e ver uma utilidade naquilo que está sendo trabalhado em sala de aula	Avaliação via provas, aulas expositivas tradicionais sem espaço para a prática, conteúdo engessado, abstrato e extenso a ser passado em pouco tempo, falta de contato prévio com a criatividade, limitações criativas, cansaço, falta de apoio da coordenação e da escola, despreparo do professor para utilizar a criatividade em sala de aula e reconhecer e incentivar o pensamento criativo, foco na nota/resultado em detrimento do aprendizado, aquisição de conhecimento de forma passiva, onde apenas se recebe informações, sem questionamentos, debates e experimentações, falta de tempo
Coletivo	Utilização de jogos e desafios em sala de aula, trabalhos e seminários em grupos, debates, professores que criam um clima de sala de aula propício ao desenvolvimento do pensamento criativo dos alunos (liberdade de pensamento e diversidade de ideias, material didático, espaço amplo e inclusivo), trabalho	Aulas e métodos avaliativos tradicionais, falta de tempo por conta de um cronograma engessado, excesso de alunos em sala de aula, falta de estímulo por parte do professor, inibição em participar com receio das respostas dos colegas, conteúdo abstrato, impossibilidade de encontros presenciais pela pandemia

	interdisciplinar com outros professores da mesma e de outras áreas	
--	--	--

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Observa-se que tais fatores estão em conformidade com outros estudos já desenvolvidos em criatividade no contexto educacional relativos a fatores facilitadores e barreiras à promoção do pensamento criativo em sala de aula (FLEITH, 2000; ALENCAR, 2001; ALENCAR; FLEITH, 2009). Para Alencar (2001, p. 66, 67), são barreiras à criatividade dos estudantes as seguintes práticas docentes:

- a) a ênfase na resposta certa, aprendendo o aluno desde cedo que não pode errar, reforçando-se o medo do erro e do fracasso;
- b) a ênfase exagerada na reprodução do conhecimento, sobrecarregando a memória do aluno com informações muitas vezes descontextualizadas ou irrelevantes;
- c) baixas expectativas sobre o potencial e a capacidade do aluno, dando-se maior destaque à sua ignorância e incapacidade, do que à sua experiência e competência;
- d) o ensino livresco, com reduzido aproveitamento das experiências e vivências do aluno;
- e) a ênfase na obediência e passividade, em detrimento de traços de personalidade fundamentais para o melhor desenvolvimento e expressão das potencialidades (curiosidade, autoconfiança, independência de pensamento etc.);
- f) práticas que minam a confiança dos alunos comuns no dia a dia de nossas escolas, não sendo estimulada a coragem para experimentar e explorar o novo e o desconhecido.

Além dos elementos destacados no quadro 9, 82,1% dos estudantes registraram que o desinteresse do aluno pelo conteúdo ministrado pode atuar como inibidor da criatividade. Tal percepção está coerente com as pesquisas de Amabile (1996) e Miranda e Morais (2019), as quais apontam a motivação intrínseca (interesse pessoal) como um elemento essencial para o desenvolvimento da criatividade.

Alguns fatores estruturais das instituições de ensino podem colaborar para que os estudantes não se sintam motivados e, portanto, pouco envolvidos com as disciplinas. Entre esses fatores, os estudantes destacaram: a) falta de apoio institucional na implementação de projetos inovadores (75%); b) elevado número de alunos em sala de aula (71,4%); c) escassez do material didático disponível na escola (67,9%); d) falta de oportunidade para realizar atividades fora da sala de aula (57,1%) e; e) extensão do programa a ser cumprido no decorrer

do ano letivo (57,1%). Esses resultados estão em conformidade com outros estudos acerca de barreiras institucionais à promoção da criatividade em sala de aula em instituições de ensino da educação básica e do ensino superior (ALENCAR; 2001; CARVALHO; ALENCAR, 2004; OLIVEIRA; ALENCAR, 2007; ALENCAR; FLEITH, 2008, 2009, 2010b; AKTAS, 2016; FLEITH, 2019).

4.1.3 Categoria 3: Características de professores criativos

Esta categoria trata do perfil de um professor criativo na percepção dos licenciandos. Segundo eles, as três principais características que melhor descrevem um professor criativo são a utilização de metodologias diferentes e inovadoras de ensino e avaliação (85,7%), o perfil motivador da aprendizagem dos alunos (14,3%) e a busca por despertar a curiosidade dos estudantes (10,7%). As seguintes falas ajudam a sintetizar o perfil do professor criativo na visão dos participantes:

L2: Quando o professor propõe uma aula diferente da maioria das aulas, motiva os alunos a buscarem aprender e faz métodos avaliativos sem ser o padrão de prova.

L10: (Aquele) que estimula a curiosidade acerca de um assunto e o correlaciona com diversas áreas do conhecimento, que estimula a criação de conjecturas, que usa de recursos tecnológicos, visuais, experimentos práticos.

L12: Ser capaz de trazer atividades mais lúdicas para os alunos para despertar uma maior curiosidade, deixar os alunos terem uma liberdade maior dentro de sala de aula e não utilizar os métodos tradicionais de ensino para incentivar sua criatividade.

L14: Um professor criativo é aquele que busca a inovação em suas metodologias de ensino, busca entender melhor cada aluno para que consiga encontrar qual a forma mais fácil de alcançar o aprendizado daquele aluno e é flexível em geral.

L22: Saber vários jeitos de resolver uma questão, apresentar os conteúdos de um jeito diferente e incentivar os alunos a serem criativos.

Outras características associadas a professores criativos também foram mencionadas pelos licenciandos. Segundo eles, professores criativos são facilitadores da aprendizagem dos alunos, propõem aulas mais lúdicas, divertidas e participativas e menos expositivas, utilizam formas diferentes de passar o conteúdo em contraponto ao método tradicional, despertam a curiosidade dos alunos, dão mais liberdade aos estudantes em sala de aula, instigam os alunos intelectualmente, propõem desafios e experimentos práticos, estimulam a criação de conjecturas, solucionam problemas de diferentes maneiras, incentivam os alunos a serem criativos, se adaptam às dificuldades dos alunos, utilizam recursos visuais e tecnológicos e propõem formas alternativas de avaliação. Tais características ratificam as ideias defendidas

por Cropley (1997) acerca de atitudes que os professores devem criar em sua sala de aula para promover a criatividade de seus alunos, a saber:

- (a) incentivar os estudantes a aprender de forma independente;
- (b) ter um estilo de ensino cooperativo e socialmente integrador;
- (c) motivar seus estudantes a dominar o conhecimento factual para que eles tenham uma base sólida para o pensamento divergente;
- (d) não julgar as ideias dos estudantes até que elas tenham sido cuidadosamente trabalhadas e claramente formuladas;
- (e) incentivar o pensamento flexível;
- (f) fomentar as dúvidas e questionamentos dos alunos;
- (g) promover a autoavaliação pelos estudantes;
- (h) oferecer oportunidades para os estudantes trabalharem com uma ampla variedade de materiais e sob diferentes condições;
- (i) auxiliar os estudantes a aprender a lidar com a frustração e o fracasso para que eles tenham a coragem para experimentar o novo e o incomum.

Outra referência importante é o trabalho de Alencar (2001), no qual ela sintetiza as práticas docentes facilitadoras e inibidoras da criatividade em sala de aula. Segundo a autora, no intuito de estimular e fomentar a criatividade em sala de aula, o professor deve (ALENCAR, 2001, p. 62, 63):

- a) lembrar que os alunos expressam de forma mais plena as suas habilidades criativas quando realizam atividades que lhes dão prazer;
- b) não se restringir a exercícios e atividades que possibilitem apenas uma única resposta correta, além de utilizar também exercícios que encorajem os alunos a serem o mais original possível em suas respostas;
- c) valorizar as ideias originais de seus alunos;
- d) ensinar os alunos a rever, refinar e esculpir as suas ideias criativas;
- e) promover um ambiente que estimule as ideias criativas;
- f) encorajar os alunos a apresentarem e defenderem as suas ideias;
- g) acentuar o que cada aluno tem de melhor e informá-lo sobre os seus “pontos fortes”;
- h) desenvolver atividades que requeiram do aluno iniciativa e independência;
- i) estimular a curiosidade dos alunos através das tarefas propostas em sala de aula;
- j) fazer perguntas desafiadoras, que motivem os alunos a pensar e a raciocinar;
- k) dar tempo aos alunos para pensar e desenvolver ideias novas;

- l) dar chances aos alunos para discordarem de seus pontos de vista;
- m) diversificar as metodologias de ensino utilizadas em sala de aula;
- n) promover um ambiente de respeito e aceitação pelas ideias dos alunos;
- o) instigar nos alunos confiança em suas competências e capacidades;
- p) expor os alunos apenas a críticas construtivas;
- q) estimular os alunos a utilizarem as técnicas de resolução criativa de problemas nos seus projetos de ciência, atividades artísticas e redação, com vistas a alcançar um produto mais criativo;
- r) expor os alunos a vários tipos de tarefas e atividades que requeiram tanto o uso de pensamento criativo como de outras habilidades, como análise, síntese e avaliação;
- s) ajudar os alunos a se libertarem do medo de cometer erros, manifestando tolerância e respeito pelas suas ideias, questões e produções;
- t) proteger as produções dos alunos da crítica destrutiva e das gozações dos colegas;
- u) reconhecer que a criatividade incorpora uma variedade de processos (resolução de problemas, pensamento divergente, pensamento convergente) e uma série de fatores motivacionais e de personalidade (como autoconceito, autoconfiança, curiosidade, flexibilidade, motivação intrínseca), os quais devem ser fortalecidos.

Além disso, Alencar (2001, p. 69) considera que o professor facilitador da criatividade deve:

- a) dominar o conteúdo da disciplina que leciona;
- b) ter interesse pela matéria e pelo aluno;
- c) incentivar o aluno a produzir ideias e buscar novos conhecimentos;
- d) respeitar o aluno;
- e) ser flexível, oferecendo opção de escolha, além de ser aberto a críticas, sugestões e ideias dos alunos;
- f) valorizar as ideias dos alunos, considerando as suas contribuições válidas e importantes;
- g) usar metodologias diversas, não estando preso ao método tradicional;
- h) estar disponível fora de sala de aula.

Oliveira e Alencar (2010), ao conduzirem uma pesquisa sobre características de professores criativos, apontaram 3 categorias que reúnem elementos que descrevem tais professores. A primeira categoria reúne características relacionadas ao desenvolvimento da prática docente e incluem utilizar estratégias didáticas diferenciadas e inovadoras e orientar e

mediar as aprendizagens. A segunda categoria reúne características que dizem respeito à forma de se relacionar com os estudantes, incluindo valorizar suas opiniões, desafiá-los, estimular a sua imaginação e despertar a sua curiosidade. Por fim, a terceira categoria destaca atributos pessoais do professor, tais como: ser pesquisador, dominar o conteúdo que ensina, motivação e interesse e envolvimento com o trabalho. Tais categorias se coadunam com as 3 características básicas de um professor criativo descritas por Renzulli (1992): domínio do conteúdo ministrado, uso de técnicas de ensino que privilegiem a criatividade e amor pela sua área de formação (o que ele chama de romance do professor com a disciplina que leciona).

No que diz respeito especificamente às características do professor de Matemática, as percepções dos estudantes revelaram que paciência (44,4%), sólido conhecimento teórico (33,3%), boa didática (33,3%), gostar de dar aula (29,6%) e formas inovadoras e criativas de passar o conteúdo (29,6%) foram os requisitos mais citados como desejáveis para o exercício da docência em Matemática. Também merece destaque registrar que os participantes da pesquisa indicaram que adotar aulas criativas e não convencionais (65,4%), saber expor o conteúdo (46,2%), transformar a sala de aula em um ambiente inclusivo que desperte o interesse e incentive o engajamento do estudante ao processo de ensino e aprendizagem (26,9%) e ter amplo conhecimento teórico (24,6%) são características desejáveis para que o professor de Matemática seja considerado bom em sua prática docente. Como um exemplo acerca dessas características, temos a verbalização do estudante L27, segundo o qual um (bom) professor de Matemática deve

saber moderar a linguagem matemática, podendo sempre passá-la da forma mais simples e na realidade do aluno, sem perder a integridade do conteúdo; colocar as complexidades dos conteúdos e problemas de forma gradativa, observando a evolução e o entendimento do estudante; ser paciente; ter a capacidade de perceber onde insistem as dificuldades do aluno; perceber qual a bagagem do aluno e suas noções para poder ajudá-lo; mostrar diferentes formas de se pensar e resolver problemas; variar as metodologias de ensino (ir além das aulas expositivas); saber instigar o raciocínio e a criatividade dos estudantes; saber aceitar críticas; e ter domínio do conteúdo.

Interessados nas percepções dos estudantes acerca das características que um professor que promove a criatividade deve possuir, perguntamos se o professor deveria ser criativo para desenvolver a criatividade em sala de aula. Para 64,3% dos respondentes, o professor deve ser criativo para servir de exemplo e despertar a criatividade de seus alunos por meio de metodologias inovadoras de ensino. Já 25% dos licenciandos concordam apenas parcialmente com a necessidade de o professor ser criativo para fomentar a criatividade do seu alunato. Para tais participantes, o professor deve ter conhecimento teórico sobre aspectos da criatividade, mas

não é essencial que ele também seja criativo (por exemplo, a influência de colegas da turma pode ajudar a promover a criatividade de um estudante).

A pesquisa também solicitou aos licenciandos que evocassem entre as suas lembranças relativas a professores criativos que tiveram ao longo dos seus percursos formativos. A partir das manifestações dos estudantes, encontramos uma recorrência indicando que 85,7% dos participantes se recordam de algum professor criativo em sua formação (principalmente na educação básica e/ou cursinho pré-vestibular). Cerca de 94% dos participantes também informaram que o professor tem um papel preponderante para criar um ambiente de sala de aula propício à criatividade de seus alunos (por exemplo, ao propor métodos inovadores de ensino e avaliação, instigar a curiosidade de seus estudantes e lhes proporcionar oportunidades de expressar suas dúvidas e opiniões durante as aulas). Tal percentual elevado corrobora a influência decisiva das atitudes e do comportamento do docente no desenvolvimento do potencial criativo de seus estudantes, como defendem vários autores (AIKEN, 1973; TORRANCE, 1987; SILVER, 1997; MARTÍNEZ, 2002; MANN, 2005; STERNBERG, 2006; RUNCO, 2007; ALENCAR; FLEITH, 2009; SAWYER, 2012; NADJAFIKHAHA *et al.*, 2012; SOH, 2017; BOALER, 2018; ROBINSON, 2019). Além disso, 85,7% acreditam que professores mais criativos têm alunos mais criativos.

Acerca da relação entre professores criativos e alunos criativos, Baghaei e Riasati (2013) dizem que a criatividade dos professores pode fazer diferença no desempenho dos alunos. Mais especificamente, segundo os autores, os alunos cujos professores apresentam níveis de criatividade médios ou acima da média terão melhor desempenho em comparação com aqueles cujos professores têm níveis de criatividade fracos. Schacter, Thum e Zifkin (2006) estudaram os ganhos de desempenho dos alunos a partir do ensino baseado em criatividade. Os resultados mostraram que o ensino criativo melhora o desempenho dos alunos da escola. Finalmente, Chen *et al.* (2005), usando uma amostra transcultural de estudantes universitários, sendo 248 norte-americanos e 278 chineses, descobriram que instruir tais estudantes a serem criativos em suas tarefas resultou em taxas mais altas de criatividade, especialmente em tarefas matemáticas e artísticas. Uma investigação conduzida por Narayanan (2017) constatou que métodos de ensino criativos e inovadores utilizados pelos professores tornam um determinado conceito claro para os alunos, despertando o interesse em saber mais acerca desse conceito e criando uma memória duradoura em relação a ele. O autor destacou, também, que métodos de ensino criativos e inovadores utilizados pelos professores têm relação positiva com a criatividade, com a inovação e com o desempenho acadêmico dos alunos.

Simonton (1999) sugere que, entre outros fatores, criadores eminentes, em muitos casos, tiveram o benefício de ter outros criadores eminentes como mentores e modelos. A capacidade de observar de perto a criatividade em ação parece estimular a criatividade. Embora os efeitos dos mentores geralmente se refiram àqueles envolvidos em treinamento especializado de alto nível em domínios específicos, o autor destaca que os professores, como um componente do ambiente dos estudantes, podem servir como modelos de ação criativa.

Além das 3 categorias referentes ao questionário 1 mencionadas anteriormente, outras duas foram originadas a partir dos dados referentes ao questionário 2, a saber: (4) aulas de Matemática e (5) a formação inicial na licenciatura em Matemática.

4.1.4 Categoria 4: Aulas de Matemática

Esta categoria está relacionada às percepções dos licenciandos no tocante às características de uma excelente aula de Matemática e aos motivos que levam muitos alunos a ter aversão a essa disciplina. Para 82,1% dos participantes, os alunos aprendem melhor quando buscam as soluções para os problemas por conta própria, contrapondo-se aos modelos de aulas nas quais os professores resolvem todos os problemas enquanto os estudantes passivamente copiam as respostas, corroborando os estudos de Polya (1987), Onuchic (1999), Onuchic e Allevato (2006, 2011, 2012), Lorenzato (2006) e Pais (2013). Para 42,9% dos participantes, uma excelente aula de Matemática é aquela em que os alunos participam e aprendem. Para 32,1%, é aquela que é dinâmica, lúdica, divertida, prática e próxima da realidade do aluno, em contraponto ao ensino tradicional, conforme preconizam D'Ambrósio (1993) e Boaler (2018, 2019). Já 28,6% consideram que uma excelente aula de Matemática é aquela que cativa e prende a atenção do aluno, além de enfatizar aspectos aplicados da Matemática. Essas percepções são corroboradas pelas seguintes falas:

L4: Uma aula prática, com exemplos e materiais concretos, ou uma aula em que o professor consiga passar o conteúdo de forma que os alunos fiquem curiosos com o conteúdo.

L6: Uma aula dinâmica, que varie de acordo com os alunos e suas necessidades. Uma aula excelente faz os alunos pensarem, ficarem impressionado e ganharem confiança neles próprios.

L14: Uma aula em que o professor consiga cativar a atenção de todos os alunos e a desenvolva de forma não apenas expositiva, mas também prática e lúdica, que auxilia na construção do conhecimento.

L27: Uma aula em que os alunos se sintam motivados após ela, tenham conseguido absorver as ideias da melhor forma possível, não tenham suas dúvidas reprimidas e se

sintam à vontade para perguntar. A aula não deve ser monótona, as diversas estratégias e metodologias devem ser usadas para prender o interesse do aluno.

A fala do licenciando L24, por sua vez, destaca outros pontos importantes, ainda mais em tempos de ensino remoto:

A excelente aula de Matemática deve transpirar o belo. Isto acontece de várias formas, é claro. Uma delas é a explicação dos fatos e verdades, ou seja, as demonstrações. Com isso, o aluno desenvolve o pensamento lógico, bem como a criatividade. Uma boa aula de Matemática deixa todo ser humano triste ao ser finalizada. Ela deve deixar o aluno inspirado, com o desejo de mais. A boa aula de Matemática (ou de qualquer matéria) deve ser tão boa a ponto de o aluno ligar a câmera por livre e espontânea vontade.

Já a aversão à Matemática pode ser explicada pelo fato de ela ser considerada uma matéria abstrata, acumulativa e com muitos pré-requisitos (42,9%), baseada em aulas tradicionais com ênfase no ensino mecânico, conteudista e sem apelo ao cotidiano do aluno (39,3%) e ainda carregada de estereótipos tais como “Matemática é um bicho de sete cabeças”, “Matemática é difícil”, “Matemática é para poucos” etc. (32,1%). Tais percepções, já enraizadas em nossa sociedade, estão em sintonia com os trabalhos de Martins (1999), Silveira (2002), Sánchez (2004) e Santos e Diniz (2004).

4.1.5 Categoria 5: A formação inicial na licenciatura em Matemática

Esta categoria foi composta a partir das percepções dos estudantes em relação ao curso de formação inicial e ao estímulo à criatividade dos futuros professores. Para 25% dos licenciandos, o curso de licenciatura colabora para o desenvolvimento da criatividade, enquanto 32,1% disseram que o curso não estimula o pensamento criativo. Para 42,9%, o curso colabora parcialmente. Os depoimentos a seguir criticam a estrutura curricular do curso de licenciatura (com ênfase em disciplinas teóricas do curso de bacharelado) e atestam a importância das (poucas) matérias voltadas para o ensino como fonte de conhecimentos didático-pedagógicos essenciais para fomentar o pensamento crítico e criativo dos alunos.

L3: O curso de licenciatura em Matemática é confundido com o bacharelado e há poucas ou nenhuma matéria voltada ao desenvolvimento da criatividade como componente obrigatório no currículo. Há um aprofundamento na parte teórica com disciplinas extremamente complexas e que exigem muitos pré-requisitos, porém pouca ênfase na prática. Os métodos de avaliação da maioria das disciplinas do Departamento de Matemática consistem em três provas durante o semestre. Esse método nem de longe ajuda a desenvolver a criatividade e o pensamento crítico de um futuro professor do ensino fundamental/médio. A meu ver o curso de licenciatura em Matemática deveria ser visto como um curso totalmente novo e voltado ao ensino da Matemática no ensino básico.

L13: Tem apenas quatro disciplinas específicas voltadas para o ensino da Matemática. Estudamos muito sobre Matemática a fundo, mas pouco ou quase nada sobre o ensino e desenvolvimento de uma didática para a sala de aula. Desta forma, me recorro MUITO às disciplinas da Faculdade de Educação.”

L14: [...] os licenciandos ganham uma base muito sólida de conteúdo, mas, ao mesmo tempo, as matérias que ensinam de fato os licenciandos a exercerem sua profissão como educadores e explorarem a criatividade poderiam ser mais bem divididas e exploradas desde o início do curso.

L20: Os currículos em sua maioria são feitos para que os alunos aprendam apenas a reproduzir o que é ensinado.

L27: As matérias voltadas para a licenciatura certamente são as responsáveis (pelo desenvolvimento da criatividade), já que com elas nós temos oportunidades de aprender sobre diferentes metodologias, estratégias, experimentos, melhorar a didática também do ponto de vista criativo e também temos oportunidades de testar e pôr em prática, como em trabalhos, oficinas e em algumas até mesmo por estágios.

Os participantes da pesquisa também foram instigados a manifestar as suas percepções sobre o modo como o currículo do seu curso de licenciatura em Matemática trata a temática da criatividade na graduação e a importância da presença de uma disciplina específica sobre criatividade durante a sua formação inicial para ser professor de Matemática. Para 92,9% dos respondentes, a criatividade na graduação é abordada, ainda que de forma superficial e por iniciativa do professor, apenas nas disciplinas específicas da licenciatura oferecidas pela Faculdade de Educação e pelo Departamento de Matemática. Nessas disciplinas, eles têm contato com novas metodologias e propostas pedagógicas que fogem do método tradicional de ensino por meio de leituras, debates, oficinas e seminários. Já para 85,2% dos licenciandos, uma disciplina específica sobre criatividade durante o curso de licenciatura seria importante na formação do professor para que ele possa ter um primeiro contato com essa temática a fim de subsidiá-lo no desenvolvimento do pensamento criativo de seus alunos posteriormente. Essa constatação está em sintonia com estudos anteriores desenvolvidos por Beghetto (2010), por Souza e Alencar (2006) na perspectiva de licenciandos e professores de um curso de Pedagogia e por Oliveira e Alencar (2007) na perspectiva de professores de um curso de Letras.

O papel da criatividade no aprendizado da Matemática foi destacado pelos licenciandos, por unanimidade, como essencial para despertar o interesse, a curiosidade, a vontade de aprender e facilitar a aprendizagem dos estudantes, como sugerem as seguintes verbalizações:

L2: Ela torna a Matemática mais leve e tranquila de ser entendida.

L6: Facilitar e mudar essa imagem ruim que a Matemática tem perante os alunos.

L13: Com aulas criativas o aluno possui um maior interesse em aprender. A aula fica divertida e o aluno passa a estudar e aprender não por uma obrigação, mas por lazer e gosto.

L14: A criatividade faz com que o aluno seja capaz de analisar problemas com mais facilidade e consiga pensar em diferentes possibilidades para a resolução desses problemas até chegar a uma resposta (ou mais de uma).

L19: A criatividade ajuda o aluno a enxergar o conteúdo como mais do que a matéria de prova.

Essas percepções ratificam as ideias de Aiken (1973), D'Ambrósio (1993) e Leiken e Pantazi (2013), os quais defendem a tese de que o pensamento crítico e criativo em Matemática favorece a matematização por parte dos estudantes, ou seja, por meio da criatividade os alunos podem ter a experiência de vivenciar a construção do seu próprio saber matemático e, com isso, poder compreendê-lo e apreciá-lo.

De acordo com os dados coletados nestes dois instrumentos, é possível inferir que a criatividade, a despeito de sua importância no contexto educacional, ainda é pouco abordada na formação inicial dos professores de Matemática, o que acaba influenciando suas concepções acerca do fenômeno criativo. Por outro lado, essa constatação abre espaço para que o processo formativo dos licenciandos incorpore essa temática ao longo da graduação no intuito de formar professores capazes de criar estratégias de ensino e um clima de sala de aula favorável ao desenvolvimento da criatividade de seus alunos.

4.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO 3

O questionário 3 consistia em 8 questões abertas acerca da temática de funções, considerada como o principal objeto matemático a ser estudado na disciplina que subsidiou a nossa investigação. Restava, pois, o interesse em conhecer como os licenciandos percebiam a presença desses conteúdos em seus processos formativos, tanto em uma perspectiva “acadêmica” quanto em uma perspectiva “pedagógica”. O presente instrumento foi respondido por 25 licenciandos (os licenciandos L7, L9 e L13 não enviaram as respostas). Na elaboração dessas perguntas, utilizamos como estratégias de fomento à criatividade as técnicas de *brainstorming/brainwriting* (questões 1, 2, 4, 5 e 6), *braindrawing* (questão 3), visualização (questão 7) e lista de atributos (questão 8) nos moldes descritos por Sheffield (2005) e Dacey e Conklin (2013), visando melhor compreender os processos de conceituação matemática dos licenciandos no tocante ao conteúdo de funções. Para a Análise de Conteúdo, utilizamos palavras como nossas unidades de registro.

A partir das respostas dos licenciandos às questões 1 (escrever o maior número possível de palavras ou frases que remontam ao conceito de função), 3 (desenhar o maior número

possível de gráficos de funções), 7 (lembrar como o conceito de função foi ensinado na escola) e 8 (escrever o maior número possível de definições, propriedades, nomenclaturas, representações, teoremas e corolários relacionados à palavra função), obtivemos a seguinte nuvem de palavras com os termos mais recorrentes:

Figura 7 – Nuvem de palavras associada às questões 1, 3, 7 e 8 do questionário 3



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Tal nuvem de palavras subsidiou a criação das seguintes categorias de análise acerca da temática de funções: (6) conhecimentos docentes mobilizados pelos licenciandos e pelo pesquisador; (7) representações de funções; e (8) características do pensamento criativo.

4.2.1 Categoria 6: Conhecimentos docentes mobilizados pelos licenciandos e pelo pesquisador

Esta categoria contempla os conhecimentos docentes evidenciados nas respostas dos licenciandos às questões supracitadas e na análise dessas respostas pelo pesquisador. A partir dos dados coletados, notamos termos recorrentes presentes nas definições e nomenclaturas básicas relacionadas ao conceito de função (conjuntos, relação, variáveis, domínio, contradomínio, imagem, gráfico, lei de associação, regra, correspondência, dependência, equação, plano cartesiano, diagramas de Venn, transformação, entre outros), a propriedades/tipos de funções (injetora, sobrejetora, bijetora, composta, inversa, monótona, crescente, decrescente, contínua, diferenciável, suave, analítica, integrável), a exemplos de funções (afim, linear, constante, identidade, quadrática, polinomial de grau n , trigonométrica, exponencial, logarítmica, modular) e a teoremas que revelavam conexões do conteúdo de funções com o ensino superior (Teorema do Confronto, Teorema do Valor Intermediário,

Teorema Fundamental do Cálculo, Teorema Fundamental da Álgebra). A partir dessas evidências, no que tange aos saberes docentes descritos no modelo MTSK (CARRILLO; CLIMENT; CONTRERAS-GONZÁLEZ; MUÑOZ-CATALÁN, 2013; CARRILLO *et al.*, 2018), podemos verificar nas respostas dos licenciandos uma prevalência do domínio **MK** (em particular, dos subdomínios **KoT** e **KSM**) em detrimento do domínio **PCK**, visto que os conhecimentos didáticos para o ensino do conteúdo de funções não foram contemplados nas falas dos estudantes.

Também foi solicitado aos estudantes que escrevessem o maior número possível de aplicações do conceito de funções, o que propiciou a geração de variadas respostas, contemplando majoritariamente exemplos clássicos da Física (distância percorrida por um carro em função de sua velocidade ou do consumo de combustível, velocidade média de um carro em função do tempo de duração de uma viagem, força elétrica, força gravitacional, lançamento de projéteis, temperatura de um objeto), da Matemática (área de um quadrado em função do comprimento do seu lado, área de um círculo em função da medida do seu raio), da Biologia (crescimento de uma população de bactérias, média móvel da Covid-19 em função do tempo) e da Economia (cálculo da taxa de inflação, do salário de um vendedor, do preço da corrida de um táxi, do custo de produção de um bem). O fato de os licenciandos fazerem uma conexão entre o tópico de funções e as aplicações desse conteúdo a problemas interdisciplinares de outras áreas do conhecimento é mais uma evidência da presença do saber **KoT**.

Ao serem solicitados a exibir exemplos de relações que não eram funções, justificando a sua resposta, 76% dos licenciandos forneceram exemplos e justificativas apropriadas, contemplando situações em que um elemento do domínio não possui imagem ou possui mais de uma imagem. Nesse caso, trata-se da ocorrência do subdomínio **KPM** do domínio **MK**. A título de ilustração, eis a resposta do aluno L14 evidenciando ambas as situações:

Sejam $A = \{0,1,2,3\}$ e $B = \{4,5,6,7,8\}$. A relação $R1 = \{(0,5), (1,6), (2,7)\}$ não é função, pois 3 pertence a A e 3 não está associado a nenhum elemento de B , e a relação $R2 = \{(0,4), (1,5), (1,6), (2,7), (3,8)\}$ não é função, pois 1 pertence a A e está associado a dois elementos diferentes de B .

Todavia, alguns alunos produziram respostas incorretas, tais como:

L4: Uma relação no qual a imagem não esteja no contradomínio.

L6: $f(x) = \sqrt{x}$, pois cada elemento do domínio tem duas imagens, o que descaracteriza a função.

L17: A temperatura em °C em função do PIB, pois uma não tem relação com a outra.

Na resposta do estudante L4, percebe-se que ele confunde os conceitos de imagem e contradomínio, pois a imagem de uma função sempre está contida em seu contradomínio. Já o licenciando L6 se equivoca ao afirmar que $f(x) = \sqrt{x}$ não é função, visto que, diferentemente do que ele comentou, cada elemento do domínio possui exatamente uma única imagem nesse caso. Por fim, o erro do estudante L17 está no fato de ele achar que não é possível construir uma função que expresse a correspondência entre duas grandezas (temperatura e produto interno bruto) aparentemente não relacionadas.

Em particular, a análise da produção escrita desses 3 estudantes permite ao pesquisador identificar lacunas de aprendizagem e erros conceituais comuns sobre o conteúdo de funções por parte dos alunos, corroborando o estudo de Buriasco, Ferreira e Ciani (2009) acerca da importância de utilizar as produções escritas dos alunos para reconhecer como eles aprendem e utilizam os conceitos matemáticos. Além disso, tal tarefa permitiu ao pesquisador atribuir sentido ao raciocínio matemático (ainda que errôneo) desenvolvido por tais estudantes, evidenciando a presença do saber **IK** (RIBEIRO; MELLONE; JAKOBSEN, 2013; JAKOBSEN; RIBEIRO; MELLONE, 2014; DI MARTINO; MELLONE, RIBEIRO, 2019).

4.2.2 Categoria 7: Representações de funções

Esta categoria aborda as diferentes representações de funções evidenciadas nas respostas dos licenciandos.

Para os licenciandos L4, L5, L8, L11 e L21, função é uma relação que leva/associa um elemento de um conjunto A a um único elemento de outro conjunto B (representação algébrica). Os licenciandos L4 e L21, em particular, mencionam ainda o conceito por meio de analogias (representação na forma de máquina de transformação): “uma máquina de transformar números” (L4) e “uma caixa de entrada e uma de saída” (L21). Já o licenciando L14 utiliza a representação formal de uma função, segundo a qual uma função $f: A \rightarrow B$, de um conjunto A em um conjunto B , é uma relação que associa os elementos de A com os elementos de B , satisfazendo duas condições:

- i) (Existência) Para todo $x \in A$, existe $y \in B$ tal que $f(x) = y$;
- ii) (Unicidade) Se $x \in A$ é tal que $f(x) = y$ e $f(x) = t$, com $y, t \in B$, então $y = t$.

Observa-se, pois, que tais representações são contempladas pelo modelo matemático para o ensino do conceito de função proposto por Santos e Barbosa (2016, 2017) e pelas representações descritas também no estudo de Carneiro, Fantinel e Silva (2003).

Ao serem solicitados a determinar todas as funções de $A = \{\alpha, \beta, \gamma\}$ em $B = \{\delta, \varepsilon\}$, 5 dos 25 licenciandos não forneceram resposta. Entre os 20 respondentes, 45% não entenderam o enunciado da questão ou não encontraram nenhuma função, 25% obtiveram respostas parciais e apenas 30% exibiram as 8 funções esperadas, o que sugere uma dificuldade por parte da maioria dos alunos em representar funções em um caso específico.

A temática de representações de funções também apareceu quando os licenciandos foram solicitados a lembrar como o conceito de função foi ensinado em seus tempos de escola. Dos 25 respondentes, 2 não tinham lembranças desse momento, 2 aprenderam por meio de fórmulas explícitas, 3 por meio de analogias com máquinas de entrada e saída, 5 por meio de tabelas e gráficos e 13 por meio da relação entre elementos de dois conjuntos na forma de diagramas de Venn. Esses resultados evidenciam que o conceito de função foi majoritariamente ensinado de forma tradicional durante o percurso formativo dos estudantes na educação básica, reforçando a influência desse tipo de ensino conteudista sobre as concepções dos licenciandos acerca do conceito de função.

Todavia, ainda encontramos alunos que não sabem definir corretamente o conceito de função, como atestam as falas que se seguem:

L2: Função me faz lembrar de conjuntos, que um conjunto vai estar em função de outro e tudo precisa estar relacionado.

L4: Função é uma regra que associa 2 conjuntos.

L20: Função é uma relação entre grandezas quando uma depende da outra.

Em todos os excertos supracitados, percebe-se que o conceito de função está incompleto, pois eles não fazem menção à condição de unicidade. Uma possível interpretação para este fato é fornecida por Lima (1999, p. 3), o qual critica a falta de objetividade e a formalização excessiva com que o conceito de função é abordado pelos professores e pelos livros didáticos ao longo do ensino médio. Segundo ele, o aluno não se apropria do conceito de função devido à ênfase em defini-la como um caso particular de uma relação por meio de um conjunto de pares ordenados. O mesmo pensamento é compartilhado por Santos e Barbosa (2016, 2017), para quem a definição formal de função não é conveniente como uma primeira abordagem a esse conceito em virtude da pouca familiaridade do aluno com a notação simbólica e com o rigor da linguagem matemática envolvida. Tanto Lima (1999) quanto Santos e Barbosa

(2016, 2017) concordam que o ideal é o professor explorar o conceito de função por meio de tabelas, diagramas, gráficos ou correspondências, os quais são mais intuitivos e acessíveis para os estudantes, e focar em suas aplicações a situações concretas e contextualizadas, de forma a tornar esse conteúdo significativo para os alunos. Dessa maneira, os alunos passarão a compreender as funções não mais como “um amontoado de símbolos, regras e procedimentos, muitas vezes desprovidos de significados” (RIBEIRO; CURY, 2015, p. 20).

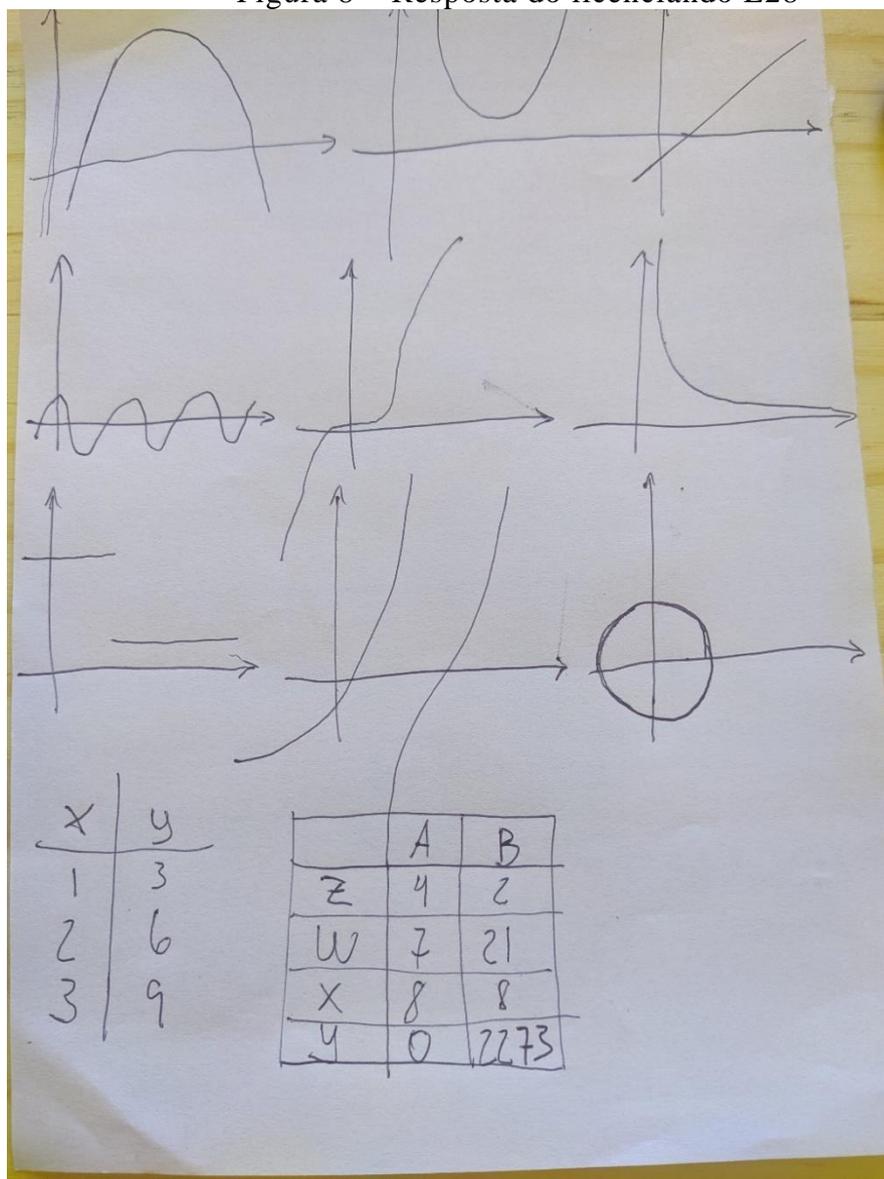
4.2.3 Categoria 8: Características do pensamento criativo

Esta categoria está relacionada à presença nas repostas dos licenciandos de 3 traços latentes do pensamento criativo (fluência, flexibilidade e originalidade), conforme sinalizam Alencar e Fleith (2009).

A título de ilustração, vamos analisar a produção de dois licenciandos no que se refere à quantidade (fluência), à diversidade qualitativa (flexibilidade) e à unicidade (originalidade) das ideias geradas como respostas válidas a duas questões do questionário 3.

Ao ser solicitado a desenhar o maior número possível de gráficos de funções, o licenciando L28 produziu as seguintes respostas, conforme a figura a seguir:

Figura 8 – Resposta do licenciando L28



Fonte: Acervo do pesquisador (2021)

Tendo a figura 8 como referência, percebe-se que foram produzidas 11 respostas, das quais 3 foram desconsideradas (no caso, a circunferência e as tabelas, por não serem gráficos de funções). Portanto, no quesito fluência, o estudante L28 produziu 8 gráficos válidos para análise. Já o quesito flexibilidade é representado pelas 4 categorias (polinomial, racional, trigonométrica e escada) qualitativamente diferentes apresentadas. Todavia, não notamos originalidade na produção desse aluno, visto que os desenhos apresentados são exemplos convencionais de gráficos, os quais foram encontrados nas produções dos demais licenciandos.

Ao ser solicitado a exibir exemplos de funções $f(x)$ tais que $f(0) = 1$, o licenciando L14, por sua vez, foi o que produziu mais respostas, a saber: $f(x) = x + 1$, $g(x) = x^2 - 3x +$

1, $h(x) = \ln(x + e)$, $i(x) = e^x$, $j(x) = \cos x$ e $k(x) = \cosh x$. Nesse caso, a sua fluência é representada pelas 6 respostas indicadas, enquanto a sua flexibilidade é caracterizada pelas 5 categorias diferentes de funções que foram contempladas: polinomial (funções f e g), logarítmica (função h), exponencial (função i), trigonométrica (função j) e hiperbólica (função k). Além disso, dos 25 respondentes, apenas tal aluno forneceu exemplos de funções logarítmicas e hiperbólicas, o que demonstra a originalidade de sua produção.

4.3 ANÁLISE DAS VIDEOAULAS E DOS ROTEIROS DAS OFICINAS

A disciplina em que a pesquisa foi realizada contemplou 11 videoaulas, das quais as 6 primeiras ficaram a cargo do professor em sua tarefa de expor o conteúdo teórico do curso, as próximas 4 foram utilizadas pelos alunos para a apresentação das 7 oficinas de pensamento crítico e criativo acerca do conteúdo de funções e a última foi dividida entre os sujeitos da pesquisa para compartilhar experiências e impressões acerca do percurso formativo desenvolvido ao longo do semestre letivo.

No que diz respeito às aulas ministradas pelo professor da disciplina, observou-se que a ênfase estava na apropriação, por parte dos estudantes, do modelo de oficinas de criatividade em Matemática proposto por Gontijo (2020), o qual está organizado em 6 etapas: 1) aquecimento; 2) aproximação com a tarefa; 3) problema investigativo; 4) sistematização (formalização de conceitos e definições); 5) retrospectiva; e 6) projeções futuras. Observou-se também que as aulas apresentaram coerência com a literatura sobre criatividade em Matemática e que a postura do professor estimulava um clima de sala de aula favorável ao desenvolvimento da criatividade dos estudantes.

No que diz respeito às oficinas apresentadas pelos 7 grupos de estudantes, a partir da leitura dos roteiros escritos por cada grupo e da apresentação das atividades planejadas, foi possível sintetizar as 6 etapas supracitadas conforme o quadro a seguir:

Quadro 10 – Fases das oficinas no planejamento dos estudantes

Grupo	Aquecimento	Aproximação com a tarefa	Problema investigativo	Sistematização	Retrospectiva	Projeções futuras
1	<i>Kahoot</i> com 5 questões gerais, sem conexão com a temática da aula, e uma pergunta aberta: <i>Por que a girafa</i>	<i>Kahoot</i> com 13 perguntas iniciais sobre o conteúdo de funções em geral e uma pergunta final	Como estacionar uma lancha no <i>pier</i> de um clube à beira do lago Paranoá em Brasília por meio da simulação do	Análise da função $f(x) = a + b \sin(cx + d)$ com utilização do <i>Geogebra</i> , seguida de uma	Revisão e perguntas reflexivas acerca do conteúdo estudado na oficina	Aplicações da função seno à Música por meio do movimento das cordas de um violão, de

	<i>toma mais água em março do que em fevereiro?</i>	sobre funções trigonométricas	movimento de uma onda a partir de um oscilador colocado em uma caixa de acrílico com água	plenária para nomear os coeficientes (a é o deslocamento vertical, b é a amplitude, c é a frequência e d é o deslocamento horizontal)		forma a estudar características sonoras tais como o timbre e a frequência
2	Brincadeira para gerar um apelido matemático de <i>Halloween</i> (relacionando o mês em que o estudante nasceu com a cor da camiseta que ele estava usando no momento)	Problema da receita da bruxa Malu (relação funcional entre o número de caldeirões de uma poção e o número de asas de morcego no preparo de uma receita para o <i>Halloween</i>)	Problema das duplas de irmãos João/Fernanda e Miguel/Maria: (relação funcional entre a quantidade de doces ganhos e o tempo para visitar as casas)	Definição de função afim $f(x) = ax + b$, nomeando os coeficientes (a é o coeficiente angular e b é o coeficiente linear) e construindo o seu gráfico	Retomada e formalização do conteúdo envolvido nos problemas abordados nas fases da aproximação com a tarefa e do problema investigativo e perguntas reflexivas acerca do conteúdo estudado na oficina	Aplicações da função afim em outros contextos
3	Questão relacionada à temática da aula acerca de funções afins (modelo da tarifa cobrada por uma empresa de transporte privado a partir de uma taxa fixa e de uma taxa variável por <i>km</i> rodado)	Enigmas a partir do <i>Quizizz</i> (9 perguntas de múltipla escolha com 5 alternativas sobre funções)	Mistura dos jogos <i>Among Us</i> e <i>Detetive</i> para o ensino de funções de forma lúdica na tentativa de desvendar um assassinato, descobrindo o autor, o local e a arma do crime a partir de pistas definidas a priori (pelo <i>chat</i> do <i>Zoom</i>) e da presença de 2 impostores entre os 5 suspeitos que devem sabotar as informações dadas aos demais participantes	Aula sobre a função afim $f(x) = ax + b$ (definição, lei de associação, nomenclatura associada aos coeficientes a e b , gráfico)	<i>Feedback</i> do professor acerca de dúvidas dos alunos a respeito do conteúdo da aula e do jogo	Analisar questões do Enem sobre essa temática e propor outros jogos com diferentes temáticas
4	Vídeos curtos enviados pelo <i>WhatsApp</i> para lembrar de forma lúdica alguns conceitos de equações do 2º grau (por	Investigar funções polinomiais de 2º grau por meio do <i>Geogebra</i> ,	Utilização da linguagem de programação <i>Python</i> para criar um algoritmo que forneça informações acerca de funções	Aula sobre função quadrática $f(x) = ax^2 + bx + c$ (definição, gráfico, intersecção	Visualização do conteúdo envolvido nos problemas abordados nas fases de aproximação com a tarefa e	Análise de modelos com funções do 2º grau (antena parabólica, trajetória de uma bola ao ser chutada,

	exemplo, como calcular as suas raízes usando material concreto)		quadráticas $f(x) = ax^2 + bx + c$ (discriminante, existência e cálculo das raízes, coordenadas do vértice da parábola, concavidade) a partir de valores de entrada para os coeficientes a , b e c	com os eixos coordenados, análise da concavidade da parábola a partir do sinal do coeficiente a , coordenadas do vértice da parábola, eixo de simetria, fórmula de Bhaskara, existência e classificação das raízes da equação do 2º grau a partir do sinal do discriminante $\Delta = b^2 - 4ac$, definição de parábola como lugar geométrico dos pontos do plano equidistantes do foco e da reta diretriz (conexão com a Geometria Analítica)	de problema investigativo a partir do <i>Python</i> e <i>Geogebra</i>	lançamento de um foguete)
5	2 enigmas numéricos (charadas matemáticas para determinar o mês e o dia de nascimento e a idade de uma pessoa a partir de um número pensado)	<i>Kahoot</i> com 10 perguntas sobre o conteúdo de funções e análise de 3 situações-problema relacionando os conceitos de função injetora, sobrejetora e bijetora	Análise dos gráficos de funções afins e quadráticas a partir do <i>Desmos</i> e do jogo <i>Angry Birds</i>	Formalização do conteúdo da oficina acerca da construção dos gráficos das funções afim e quadrática	Perguntas reflexivas e <i>feedback</i> dos alunos sobre as atividades propostas na oficina	Aplicação das funções afim e quadrática em outros contextos do mundo real
6	<i>Kahoot</i> com 10 questões sobre funções	“Mágica” matemática para descobrir a idade de uma pessoa a partir de manipulações aritméticas envolvendo uma equação do 1º grau	Analisar os efeitos das mudanças dos valores dos coeficientes de funções polinomiais (constantes, afins e quadráticas) em seus gráficos por meio do <i>Geogebra</i>	Formalização dos conceitos relacionados aos coeficientes das funções polinomiais do 1º e do 2º grau e demonstração das fórmulas da soma e do produto das raízes de uma equação do 2º grau	Perguntas reflexivas e <i>feedback</i> dos alunos acerca das atividades realizadas na oficina	Preparar o aluno para os conteúdos de Geometria Analítica (3º ano do ensino médio) e de Cálculo 1 (ensino superior)

7	<i>Kahoot</i> com 3 perguntas gerais e 7 perguntas sobre o conteúdo da oficina	Jogo Torre de Hanói	Apresentação do modelo matemático de propagação do coronavírus por meio de uma função exponencial a partir de informações relacionadas ao número de novos casos, número de pessoas em contato com os infectados, número de casos em um determinado dia e a probabilidade de contágio.	Aula sobre função exponencial $f(x) = a^x$ (definição, lei de formação, domínio, gráfico, propriedades, assíntotas, crescimento e decrescimento a partir de informações sobre o coeficiente a)	Perguntas reflexivas e comentários acerca de 3 modelos matemáticos exponenciais presentes no cotidiano (crescimento de uma população de bactérias, montante de um capital aplicado a juros compostos, tempo de meia-vida de uma substância sob decaimento radioativo)	Utilização do Princípio da Indução para formalizar o jogo Torre de Hanói
---	--	---------------------	---	---	---	--

Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Da análise desse material, chegamos às seguintes categorias de análise: (9) abordagens teórico-metodológicas para o ensino de funções e (10) conhecimentos docentes mobilizados nas aulas e nas oficinas.

4.3.1 Categoria 9: Abordagens teórico-metodológicas para o ensino de funções

Esta categoria se caracteriza por enfatizar as potencialidades didático-pedagógicas de 5 eixos temáticos presentes nas oficinas, os quais contemplam propostas promissoras para o processo de ensino e aprendizagem da Matemática em sala de aula, a saber: a resolução de problemas, as TDIC, a ludicidade, a História da Matemática e a modelagem matemática.

O primeiro eixo temático, intitulado “Resolução de Problemas”, enfatizou a introdução de conceitos matemáticos via resolução de problemas investigativos, contextualizados e interdisciplinares para motivar e potencializar a aprendizagem matemática no contexto escolar (NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS, 1980, 2000; SCHROEDER; LESTER JR., 1989; LORENZATO, 2006; ONUCHIC; ALLEVATO, 2011; PAIS, 2013; LESTER JR.; CAI, 2016; BOALER, 2018, 2019; PONTE; BROCARD; OLIVEIRA, 2019; PROENÇA, 2021). No contexto das oficinas, os grupos 1 e 7 abordaram, respectivamente, os problemas investigativos “Como estacionar uma lancha no *pier* de um clube à beira do lago Paranoá em Brasília?” e “Como medir a velocidade de propagação do novo coronavírus em função do tempo?”, os quais requeriam conhecimentos de Matemática, Biologia e Química.

Confrontados com problemas da vida real, os alunos foram levados a refletir e tomar decisões acerca das várias maneiras de resolvê-los, o que estimulou o desenvolvimento do seu pensamento crítico. O grupo 2, por sua vez, abordou, de forma criativa, um problema investigativo que explorou o contexto de uma data comemorativa (*Halloween*) no ensino do conceito matemático de função afim. Já o grupo 5 se destacou pela abordagem original dos conceitos de função injetora, sobrejetora e bijetora utilizando-se de 3 situações-problema no contexto de relacionamentos amorosos.

Esse eixo também se caracterizou por colocar em evidência as situações-problema presentes nas oficinas em conformidade com os tipos de problemas presentes na matriz de estrutura de continuidade de problemas (SCHIEVER; MAKER, 2003; FONSECA. GONTIJO, 2021a). Em particular, destacamos uma predominância de problemas fechados dos tipos I, II e III em relação a problemas abertos dos tipos IV, V e VI. A título de ilustração dessa tipologia, eis alguns exemplos de problemas que foram elaborados pelos licenciandos:

- a) **Tipo I:** determinar o domínio de uma dada função;
- b) **Tipo II:** encontrar a representação algébrica de uma função definida por meio de uma tabela ou de um diagrama de Venn;
- c) **Tipo III:** obter a fórmula explícita para o problema da Torre de Hanói;
- d) **Tipo IV:** listar as variáveis que poderiam influenciar na quantidade de doces ganhos pelas duplas de irmãos no problema investigativo do grupo 2 (por exemplo, quantidade de casas visitadas, sorte, número de doces ganhos em cada casa visitada etc.);
- e) **Tipo V:** descrever situações da vida real modeladas por uma função exponencial.

Em virtude do seu grau de subjetividade para uma oficina de 50 minutos de duração, problemas abertos do tipo VI não foram contemplados nas apresentações dos estudantes.

O segundo aspecto, denominado “TDIC aplicadas ao ensino da Matemática”, é um importante recurso didático que tem sido utilizado como ferramenta pedagógica no processo de ensino e aprendizagem da Matemática para propiciar aula dinâmicas e criativas, principalmente em tempos de ensino remoto (BORBA; PENTEADO, 2017; MENEZES; BRAGA; SEIMETZ, 2019; RODRIGUES; MARÇAL, 2021). No âmbito das oficinas, tal estratégia foi evidenciada pela utilização dos seguintes *softwares*: (a) *Geogebra* (grupos 1, 4, 6 e 7) e *Desmos* (grupo 5), aplicativos de Álgebra e Geometria Dinâmica utilizados durante as aulas como calculadoras gráficas para analisar a representação gráfica e algébrica de funções: (b) *Kahoot* (nas fases de aquecimento e/ou aproximação com a tarefa dos grupos 1, 5, 6 e 7) e *Quizizz* (grupo 3),

aplicativos de aprendizagem baseada em jogos, utilizados para incentivar estratégias de gamificação do ensino por meio da elaboração de jogos de perguntas e respostas na forma de testes de múltipla escolha e/ou verdadeiro ou falso; e (c) *Python* (grupo 4), linguagem de programação muito utilizada atualmente para o desenvolvimento do pensamento computacional dos alunos. Aos serem questionados acerca dos aplicativos mais utilizados nas atividades da disciplina, os licenciandos citaram o *Kahoot* (90,5 %), o *Zoom* (85,7 %), o *WhatsApp* (76,2 %) e o *Geogebra* (61,9 %). Também foram mencionadas as plataformas *Desmos*, *Quizizz*, *Moodle*, *Khan Academy*, *YouTube* e *One Note*.

Esse eixo também se caracterizou por englobar duas técnicas de criatividade utilizadas pelos licenciandos durante as oficinas por meio do *Desmos*, do *Geogebra* e do *Kahoot* nos moldes de Sheffield (2005) e Dacey e Conklin (2013), a saber:

- a) SCAMPER: técnica utilizada pelos grupos 5 (por meio do *Desmos*) e 6 (por meio do *Geogebra*) para analisar os efeitos das mudanças dos valores dos coeficientes a e b de uma função afim $f(x) = ax + b$ e dos coeficientes a , b e c de uma função quadrática $g(x) = ax^2 + bx + c$ em suas representações gráficas. A partir de perguntas do tipo “O que aconteceria com o gráfico de f se modificássemos o sinal do coeficiente a ?”, “O que aconteceria com o gráfico de g se trocássemos o coeficiente a por $2a$?” ou “O que aconteceria com o gráfico de g se $c < 0$?”, os licenciandos produziram transformações interessantes nos gráficos das funções mencionadas;
- b) Dramatização: técnica utilizada pelo grupo 6 para uma abordagem do conteúdo de funções por meio da aplicação do *Kahoot* em uma situação-problema temática intitulada “Festa das Funções”. O *buffet*, os convidados, a decoração, os dançarinos, tudo o que fazia referência a esse “evento matemático” estava contextualizado com algum conteúdo de funções. Ao conduzir a oficina de uma forma criativa e original, os licenciandos desse grupo cativaram a audiência e garantiram o engajamento dos demais participantes.

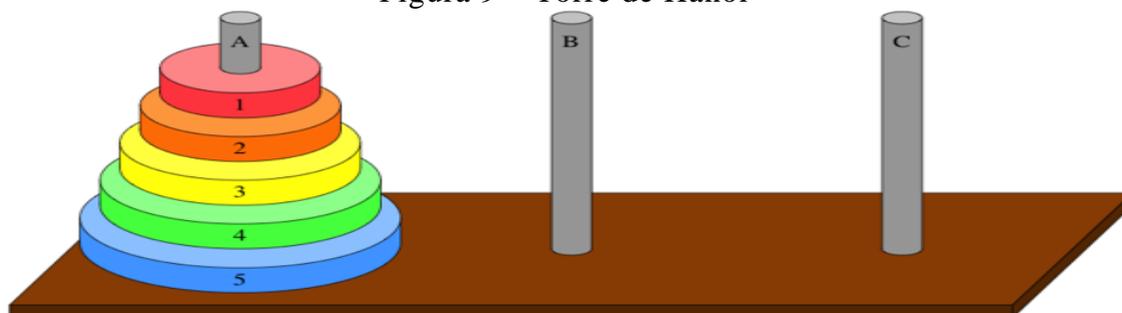
Vê-se, pois, a partir do exposto, que a utilização de uma proposta pedagógica baseada em técnicas de criatividade, com o auxílio de calculadoras gráficas e de plataformas de gamificação, ampliou a compreensão do conteúdo de funções pelos licenciandos.

A terceira abordagem recebeu o nome de “Ludicidade” e foi utilizada como estratégia de ensino do conteúdo de funções em quatro oficinas (grupos 2, 3, 5 e 6) por meio de brincadeiras, recreações, enigmas e “mágicas” matemáticas durante as fases de aquecimento e

de aproximação com a tarefa e dos jogos *Among Us* e *Detetive* (problema investigativo da oficina do grupo 3), *Angry Birds* (problema investigativo da oficina do grupo 5) e *Torre de Hanói* (aproximação com a tarefa da oficina do grupo 7). A forma espontânea e descontraída com que tais oficinas adaptaram jogos de sucesso do universo juvenil para inseri-los no contexto educacional em uma perspectiva de resolução de problemas reforçou a importância de conectar aspectos lúdicos com o cotidiano do aluno para garantir maior motivação e engajamento do estudante no processo de ensino e aprendizagem da Matemática, o que se coaduna com as ideias de Grando (2004), Machado (2012) e Muniz (2014) acerca das potencialidades didático-pedagógicas dos jogos em atividades matemáticas em sala de aula.

A título de exemplificação, vamos destacar o jogo Torre de Hanói, inventado pelo matemático francês Édouard Lucas e vendido como brinquedo em 1883 (WATANABE, 1986; SÁ, 2007; MACHADO, 2012; COUTINHO, 2014). Tal jogo, utilizado pelo grupo 7 na fase de aproximação com a tarefa como motivação para introduzir o conceito de função exponencial, consiste em uma base de madeira, onde estão firmadas três hastes verticais *A*, *B* e *C*, e em um certo número *n* de discos de madeira, de diâmetros diferentes, furados no centro, conforme a figura a seguir:

Figura 9 – Torre de Hanói



Fonte: Khan Academy (<https://pt.khanacademy.org/computing/computer-science/algorithms/towers-of-hanoi/a/towers-of-hanoi>)

No início do jogo, os discos estão todos enfiados na haste *A*, em ordem decrescente de tamanho, com o menor disco acima de todos. O objetivo do jogo é mover todos os discos de *A* para *C*, obedecendo às seguintes regras:

- a) Somente um disco (o que estiver acima dos demais) pode ser movido de cada vez;
- b) Um disco maior nunca pode ser colocado sobre um disco menor.

Nessas condições, o problema consiste em determinar o número mínimo de movimentos para completar a tarefa em função do número de discos.

Durante a apresentação da oficina, os licenciandos construíram uma tabela que relacionava o número mínimo y de movimentos em função do número x de discos. A partir de uma simulação no *Geogebra*, eles verificaram que $y(1) = 1, y(2) = 3, y(3) = 7, y(4) = 15$ e $y(5) = 31$. Observando esses casos particulares, eles conseguiram generalizá-los por meio da fórmula da soma de uma progressão geométrica até obterem uma representação algébrica explícita para tal função, a saber: $y = y(x) = 2^x - 1$.

Ainda acerca desse jogo, vale a pena pontuar:

- 1) a presença de três tipos de representações diferentes (tabular, algébrica e generalização de padrões) para uma mesma função, corroborando o modelo de Santos e Barbosa (2016, 2017);
- 2) a menção por parte dos licenciandos do grupo 7, na etapa “Projeções Futuras”, da possibilidade de obter a fórmula $y = y(x) = 2^x - 1$ usando o Princípio da Indução, conteúdo que é ensinado durante a graduação.

A quarta proposta, nomeada como “História da Matemática”, remonta ao conhecimento matemático do passado e sua apropriação no presente como um elemento motivador no processo de ensino e aprendizagem da Matemática (D’AMBROSIO, 2012; MIGUEL; MIORIM, 2017).

No contexto das oficinas, tal abordagem foi utilizada pelo grupo 7 para introduzir o jogo Torre de Hanói a partir do mito indiano da criação do Universo pelo deus hindu Brahma (COUTINHO, 2014). Reza a lenda que em Benares, no norte da Índia, sob a grande cúpula do templo do deus Brahma, haveria um enorme jogo de Torre de Hanói com 3 hastes de diamante e 64 discos de ouro. O jogo teria sido posto lá pelo deus Brahma em pessoa, no momento da criação do Universo. Naquele momento os discos estariam todos empilhados em uma das hastes. Caberia aos sacerdotes mover os discos, conforme as regras supracitadas. No momento em que todos os 64 discos tivessem sido empilhados na outra haste, teria chegado a hora do deus Brahma voltar e pôr fim ao mundo com um relâmpago. Portanto, para saber a data do fim do mundo, precisaríamos resolver o problema proposto. Pelo exposto anteriormente, para $n = 64$, seriam necessários $2^{64} - 1 = 18.446.744.073.709.551.615$ movimentos. A título de curiosidade, se os sacerdotes trabalhassem ininterruptamente, sem errar e gastando apenas um segundo por movimento, seriam necessários, aproximadamente, 5.124.095.576.030.431 horas = 213.503.982.334.601 dias = 584.942.417.355 anos (SÁ, 2007).

A história da origem do jogo Torre de Hanói pelo matemático Édouard Lucas no século XIX a partir do mito indiano supracitado revela a importância da História da Matemática ao

evidenciar para os licenciandos que essa área do conhecimento é uma criação do homem dentro de um contexto histórico, social e cultural determinado, diferentemente do que é visto nos livros didáticos, que apresentam a Matemática como um saber pronto e acabado.

Por fim, a última metodologia, “Modelagem matemática”, diz respeito à “arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real” (BASSANEZI, 2021, p. 16). Tal metodologia envolve a obtenção de um modelo matemático que traduza para o mundo simbólico e abstrato da Matemática os aspectos essenciais de uma situação-problema concreta do cotidiano, de forma a possibilitar a resolução do problema e a posterior interpretação e validação dos resultados. Trata-se de uma estratégia de ensino e aprendizagem multidisciplinar que requer importantes ações cognitivas por parte dos alunos na tentativa de resolução do problema proposto (conhecimento técnico do conteúdo, compreensão, investigação, matematização, intuição, criatividade, interpretação, validação e comunicação), aliando o lado lúdico com o lado aplicado da Matemática (BASSANEZI, 2015, 2021; BIEMBENGUT; HEINE, 2021; ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2021). No tocante às oficinas, ela foi utilizada pelo grupo 7 para deduzir uma fórmula que modelava a velocidade de propagação da Covid-19 por meio de uma função exponencial a partir de informações relacionadas ao número de novos casos, número de pessoas em contato com os infectados, número de casos em um determinado dia e a probabilidade de contágio.

A partir da avaliação dessas 5 abordagens e de acordo com a escolha dos próprios licenciandos, a oficina “*Halloween* e a Matemática”, apresentada pelo grupo 2, foi considerada a melhor, com 33,3% de preferência. Segundo as respostas dos participantes, critérios como criatividade do tema, contextualização, abordagem lúdica e divertida, entre outros, foram decisivos para esta escolha, conforme sintetizou a licencianda L2:

Todos os grupos foram incríveis, mas eu sou a favor da contextualização e acredito que a do *Halloween* foi a mais contextualizada e a menos repetitiva, abordando várias coisas diferentes. Alguns grupos focaram presos nas plataformas de *Quiz* e isso me fez acabar perdendo um pouco a concentração no que estava acontecendo.

Segundo Moreira (2019), essas 5 abordagens teórico-metodológicas representam importantes tendências de pesquisa em Educação Matemática na atualidade. Diante do exposto, vê-se, pois, a importância dessas estratégias pedagógicas para o ensino da Matemática e, em particular, para o ensino de funções. Ao valorizarem o trabalho colaborativo, a ludicidade, a resolução de problemas, o uso de novas tecnologias, a experimentação e a investigação, entre outras competências preconizadas por D’Ambrósio (1993), Perrenoud (2000) e Boaler (2018,

2019) para nortear a formação docente e pautar o trabalho do professor do século XXI, elas acabam tornando o processo de ensino e aprendizagem da Matemática mais agradável e acessível aos alunos.

4.3.2 Categoria 10: Conhecimentos docentes mobilizados nas aulas e nas oficinas

Esta categoria versa sobre os conhecimentos docentes mobilizados pelo professor da disciplina nas aulas síncronas e pelos licenciandos na elaboração dos roteiros e nas apresentações das oficinas.

No tocante às aulas ministradas pelo professor, percebe-se a presença de conhecimentos especializados para o ensino do conteúdo de funções abordados no modelo MTSK (CARRILLO; CLIMENT; CONTRERAS-GONZÁLEZ; MUÑOZ-CATALÁN, 2013; CARRILLO *et al.*, 2018) e conhecimentos pedagógicos voltados à criatividade (BEGHETTO, 2013a, 2017).

Ao apresentar as definições de criatividade matemática (GONTIJO, 2007a) e de pensamento crítico e criativo em Matemática (FONSECA; GONTIJO, 2020a), as características do pensamento criativo (fluência, flexibilidade, originalidade e elaboração) e estratégias para estimular a criatividade em sala de aula (resolução, formulação e redefinição de problemas) no primeiro encontro síncrono, o professor propiciou aos licenciandos o conhecimento teórico básico proveniente da literatura acerca do fenômeno criativo. Trata-se, pois, de um caso de ensino **sobre** criatividade, o qual é fundamentado pelo saber **PCdK**.

Nos demais encontros síncronos, referentes ao conteúdo de funções, embora o professor não tenha enfatizado aspectos técnicos (definição, propriedades, nomenclatura, procedimentos, demonstrações, algoritmos e teoremas) referentes a essa temática, nota-se a presença do saber **KoT** associado ao domínio **MK** quando ele dá exemplos (função afim e função quadrática) e aplicações (trajetória de um foguete) de funções. Ao enfatizar aspectos associados a estratégias de ensino desse conteúdo, em especial a utilização do roteiro de oficinas de pensamento crítico e criativo em Matemática (GONTIJO, 2020) e da matriz de estrutura de continuidade de problemas (SCHIEVER; MAKER, 2003), o professor apresenta o saber **KMT** associado ao domínio **PCK**. Vale a pena mencionar ainda dois outros subdomínios do **PCK** evidenciados na prática docente do professor, a saber:

- a) **KFLM**: conhecimento pedagógico utilizado pelo professor na segunda aula síncrona ao identificar obstáculos didáticos e epistemológicos por parte dos

licenciandos no tocante ao ensino de funções. Mais precisamente, ao serem questionados pelo professor acerca do tipo de função (afim, quadrática, trigonométrica, exponencial ou logarítmica) a ser utilizado para modelar determinadas situações-problema do mundo real, os alunos não souberam escolher a mais apropriada. Essa dificuldade de aprendizagem por parte dos estudantes levou o professor a concluir a respeito da necessidade de se ensinar as propriedades características de cada tipo de função, algo que é negligenciado no ensino médio.

Isso corrobora as palavras de Lima *et al.* (2016, Prefácio, p. x):

A fim de saber qual o tipo de função que deve ser empregado para resolver um determinado problema, é necessário comparar as características desse problema com as propriedades típicas da função que se tem em mente. Este processo requer que se conheçam os teoremas de caracterização para cada tipo de função. Sem tal conhecimento é impossível aplicar satisfatoriamente os conceitos e métodos matemáticos para resolver os problemas concretos que ocorrem, tanto no dia a dia como nas aplicações da Matemática às outras ciências e à tecnologia.

- b) **KMLS**: conhecimento pedagógico utilizado pelo professor na aula em que ele mencionou as competências e as habilidades específicas contempladas pela BNCC para o ensino do conteúdo de funções ao longo dos ensinos fundamental (9º ano) e médio (1º, 2º e 3º anos).

Já no que concerne às oficinas, observa-se, a partir dos roteiros escritos, dos *slides* e dos recursos tecnológicos que balizaram as apresentações, a utilização por parte dos licenciandos dos seguintes saberes docentes:

- a) **KoT**: conhecimento matemático utilizado pelos licenciandos nas oficinas, principalmente durante as fases de aquecimento, aproximação com a tarefa e sistematização (formalização de conceitos e definições), quando os alunos abordaram o conceito, as notações, os tipos de representações (formal, relacional, tabular, diagrama de Venn, algébrica, gráfica, máquina de transformação e generalização de padrões), a nomenclatura específica (domínio, contradomínio, imagem, lei de formação, função composta, função inversa, função injetora, função sobrejetora, função bijetora), os tipos (constante, linear, afim, quadrática, trigonométricas, exponencial, logarítmica e modular) e as aplicações (movimento das cordas de um violão, movimento uniforme, movimento uniformemente variado, balística, decaimento radioativo, Covid-19, crescimento de uma população de bactérias, juros compostos) de funções;
- b) **KSM**: conhecimento matemático utilizado pelos licenciandos nas oficinas quando os alunos faziam conexões entre conteúdos matemáticos diferentes já estudados ou

a serem vistos posteriormente. A título de ilustração, tal saber docente apareceu quando o grupo 2 conectou o conteúdo de regra de três e proporcionalidade (ensino fundamental) com o de função afim (ensino médio), quando o grupo 4 relacionou o gráfico de uma função quadrática (conteúdo de funções do 1º ano do ensino médio) com o lugar geométrico dos pontos do plano equidistantes do foco e da diretriz (conteúdo de geometria analítica do 3º ano do ensino médio), quando o grupo 6 utilizou o conceito de produto notável para obter a fórmula do produto das raízes de uma equação do 2º grau e quando o grupo 7 relacionou os conteúdos de progressão geométrica e função exponencial;

- c) **KPM:** conhecimento matemático utilizado pelo grupo 6 ao demonstrar as fórmulas da soma e do produto das raízes de uma equação do 2º grau e pelo grupo 7 ao utilizar a fórmula da soma de uma progressão geométrica para obter a relação funcional que fornece o número mínimo de movimentos em termos do número de discos no jogo da Torre de Hanói. Saber demonstrar é uma prática típica da atividade matemática, razão pela qual ela se enquadra nessa tipologia. Além disso, deve-se valorizar a iniciativa desses grupos em utilizar demonstrações formais para obter resultados matemáticos importantes, por se tratar de um contraponto às aulas tradicionais do ensino médio que, em geral, não abordam tal tipo de raciocínio;
- d) **KMT:** conhecimento pedagógico utilizado pelos licenciandos nas oficinas ao escolherem uma estratégia de ensino (por exemplo, o roteiro de oficinas de pensamento crítico e criativo de Gontijo (2020), uma situação-problema, um jogo ou uma TDIC) para ensinar o conteúdo de funções. Em particular, ao utilizarem técnicas de criatividade para o ensino do conteúdo de funções, os licenciandos caracterizam uma situação de ensino **com** criatividade, o qual é fundamentado pelo saber **CPDK**;
- e) **KMLS:** conhecimento pedagógico utilizado pelos licenciandos dos grupos 1 e 4 ao enfatizarem habilidades específicas associadas ao conteúdo de funções presentes na BNCC. Em particular, o grupo 4, durante a sua apresentação, reforçou a seguinte habilidade referente ao estímulo do pensamento computacional dos alunos do ensino médio: “utilizar conceitos iniciais de uma linguagem de programação na implementação de algoritmos escritos em linguagem corrente e/ou matemática” (BRASIL, 2018, p. 539). O grupo 1, por sua vez, mencionou em seu roteiro escrito a seguinte habilidade relativa ao estudo das funções trigonométricas:

Resolver e elaborar problemas em contextos que envolvem fenômenos periódicos reais (ondas sonoras, fases da lua, movimentos cíclicos, entre outros) e comparar suas representações com as funções seno e cosseno, no plano cartesiano, com ou sem apoio de aplicativos de álgebra e geometria (BRASIL, 2018, p. 536).

É importante ressaltar que os alunos responsáveis pela apresentação das oficinas não evidenciaram o saber docente **KFLM**, visto que o conteúdo matemático de funções apresentado, destinado a alunos do ensino médio, não ofereceu dificuldades de aprendizagem a licenciandos do final do curso de graduação. Todavia, na condição de pesquisador e observador externo, pude perceber que alguns alunos apresentaram dificuldades em identificar domínio, contradomínio e imagem de algumas funções representadas graficamente ou na forma de diagramas de Venn, o que caracteriza a presença do subdomínio **KFLM** nesse contexto.

A partir dos dados coletados referentes às videoaulas e às oficinas, não foi contemplado o ensino **para** criatividade, visto que o propósito desses instrumentos não era estimular atitudes e comportamentos criativos nos licenciandos. Dessa maneira, o saber **PCeK** não foi manifestado nessa disciplina.

4.4 ANÁLISE DAS RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO 4

O questionário 4 consistia em 14 questões, sendo 12 abertas e 2 fechadas (múltipla escolha), e foi respondido por 19 licenciandos, dos quais 5 não se identificaram (nesse caso, o código utilizado para tal aluno foi NIx = estudante não identificado de número x , com x variando de 1 a 5). O intuito de tal questionário era analisar as contribuições da disciplina no tocante às concepções de criatividade, ao conhecimento relacionado ao conteúdo de funções e às futuras práticas pedagógicas dos licenciandos.

Inicialmente, pedimos aos licenciandos que avaliassem o processo de ensino e aprendizagem do conteúdo de funções ao longo de seu percurso formativo na educação básica e no ensino superior. Dos 19 respondentes, 2 afirmaram que não tiveram dificuldades durante esse percurso pelo fato de possuírem uma boa bagagem matemática e facilidade com tal temática e por contarem com bons professores ao longo dessa caminhada, o que tornou a transição do ensino médio para o ensino superior algo suave e “indolor”. Os demais alunos, por sua vez, teceram críticas à forma tecnicista e conteudista com que o conteúdo é ensinado na educação básica, como pode ser inferido das seguintes respostas:

NI1: Na educação básica, tive um ensino bastante tradicional e expositivo, baseado em "decoreba". No ensino superior, tive uma experiência mais baseada em investigação e situações concretas nas matérias de prática educativa do curso de licenciatura.

NI2: No modelo atual eu creio que a base dos conteúdos de funções não é bem trabalhada e abordada. Os professores se preocupam muito com as diversas funções em si e não dão a importância necessária para base de todos esses conteúdos (a base seria a parte de conjuntos e a definição de função). Por exemplo: se perguntarmos diversas coisas acerca de funções como a função quadrática e as trigonométricas, os alunos provavelmente nos darão muitas respostas, porém se perguntarmos a definição de função, muitos alunos não saberão responder.

NI3: Como o tema é de grande relevância, acredito que o tempo de contato com o conteúdo de funções tenha sido bom durante a educação básica. Contudo, só pude perceber a sua importância enquanto cursava o ensino superior. É possível que a forma de exposição ao conteúdo não tenha sido tão atrativa na educação básica. Já na primeira etapa do ensino superior o conteúdo foi mostrado de uma forma mais atrativa, mas somente com as disciplinas de Educação ofertadas agora no final do curso que pude ter um olhar voltado para o ensino de funções e sobre a melhor forma de apresentar o conteúdo enquanto no papel de mediador/educador. Então, no ensino superior consegui ter uma sensação de completude, pois tanto a parte técnica quanto a parte educacional foram bem desenvolvidas.

L2: Na educação básica meu processo de aprendizagem foi bem difícil. Os professores acabaram jogando o conteúdo na turma, sem contextualizar ou sem algo criativo. Eu cheguei no ensino superior e percebi que não tinha aprendido quase nada. Tive a matéria de Pré-Cálculo e foi onde vi um jeito criativo de ensinar função.

L4: Na educação básica diria que foi bem precário, pois só foi me ensinado o básico desse conteúdo. Já no ensino superior foi meio que exagerado, pois como eu não tinha uma boa base do conteúdo, tive que aprender muita coisa muito rápido.

L12: O conteúdo de funções é muito importante e de certa maneira ele não tem sido bem abordado no ensino básico, trazendo então uma imagem negativa do conteúdo de funções e da Matemática em si. Já no ensino superior nos é apresentado de forma diferente, porém continua no modelo tradicional em sua maioria, o que acaba dificultando um pouco a nossa compreensão.

L14: Durante meu percurso formativo, o processo de ensino e aprendizagem do conteúdo de funções foi bem diferente quando comparados o ensino básico e o ensino superior. Isso ocorreu porque o ensino básico não exige esse rigor e esse pensamento matemático avançado, então o ensino era totalmente contextualizado e os professores sempre buscavam uma forma de facilitar o conhecimento. Já no ensino superior, no conteúdo que é passado em Cálculo e Análise (principalmente) há um rigor matemático elevado, pouca contextualização e muitos professores não buscam um meio facilitador para auxiliar os alunos, apenas ensinam o que está na ementa e fazem as avaliações do jeito deles.

L23: No ensino básico eu observo que o conteúdo de funções é bem trabalhado e ensinado nas escolas do DF, porém quando comparo o ensino básico com o ensino superior observo uma lacuna muito grande, o que ocasiona as principais taxas de reprovação no curso de Cálculo 1.

A estrutura didático-metodológica utilizada na disciplina foi aprovada por unanimidade. Apesar das limitações inerentes ao ensino remoto, o qual dificulta uma interação mais próxima entre professor e alunos, os licenciandos consideraram a disciplina bem idealizada para o modelo de aulas remotas desenvolvido pelo professor, o qual soube equilibrar o uso de *slides* com recursos tecnológicos e metodologias de ensino inovadoras de forma a produzir aulas mais

dinâmicas e interativas e tornar as atividades síncronas menos cansativas e desgastantes para os alunos. Isso se refletiu na participação efetiva dos estudantes durante as aulas síncronas, quer escrevendo pelo *chat* do *Zoom*, quer abrindo a câmera e falando pelo microfone, o que sinaliza um forte engajamento da turma ao modelo de aulas remotas adotado na disciplina. A fala do aluno L27 sintetiza a opinião coletiva da turma:

Eu gostei bastante da estrutura da disciplina, de todos os conceitos abordados nela, quanto à criatividade, quanto à matriz de problemas, tudo assim me pareceu muito útil, não só me pareceu, mas como foi. Eu pude aplicar em outras disciplinas, pude aplicar em oficinas que eu fui criar. [...] deu para aproveitar bastante, as oficinas que a gente produziu aqui foram muito boas, trouxeram diversas abordagens diferentes, a gente pôde aprender diversas ferramentas, tanto em questão de atividades presenciais que a gente vai poder aplicar pelo que os nossos colegas apresentaram, mas também muitas ferramentas para a gente poder aplicar de forma remota essas atividades e creio que vai ser muito útil, tanto no próximo semestre quanto para sempre.

O roteiro de oficinas de pensamento crítico e criativo em Matemática para o ensino de funções utilizado nas atividades dessa disciplina também foi aprovado por unanimidade, conforme sinalizam as seguintes falas dos estudantes:

N12: Muito bom. A sequência do roteiro é muito bem pensada e segue momentos que se complementam e fazem dar sentido à oficina como um todo, tanto que nós (alunos da disciplina) aplicamos o modelo em outras disciplinas e até mesmo em escolas.

L11: O roteiro foi bastante interessante, pois era muito diversificado. E dava autonomia para os grupos desenvolverem, além da parte teórica de funções, o raciocínio lógico, o pensamento crítico e, principalmente, a criatividade matemática, com os jogos matemáticos, as mágicas matemáticas e os gráficos.

L14: Achei muito bom, porque tivemos a liberdade de escolher o tema e, dessa forma, foi possível mostrar bastante da nossa criatividade. Por conta disso, tivemos muita diversidade nas apresentações das oficinas, não apenas com relação ao conteúdo, mas também aos métodos de ensino.

Essas percepções positivas dos licenciandos acerca desse roteiro proposto por Gontijo (2020) confirmam o potencial didático-pedagógico desse modelo de oficinas de pensamento crítico e criativo em Matemática, o qual já tinha sido utilizado, com sucesso, em intervenções pedagógicas em criatividade no campo da Matemática com alunos e professores do ensino fundamental e do ensino médio (COSTA; GONTIJO, 2021; COSTA; SILVA; GONTIJO, 2021; GONTIJO; FONSECA, 2020b; FONSECA; GONTIJO, 2021b) e, mais recentemente, no ensino superior com estudantes do Pibid (GONTIJO; FONSECA, 2022). Assim, tais experiências exitosas reforçam a utilização de situações-problema contextualizadas e vinculadas ao cotidiano dos alunos para fomentar a construção de conceitos matemáticos e uma aprendizagem significativa da Matemática.

Todavia, ainda assim 2 alunos fizeram sugestões para aprimorá-lo:

NI3: Contudo, faço uma observação: para que não haja repetição de temas, todos os alunos deveriam expor qual tema que pensaram e, desse modo, não haveria temas com tantas interseções. Que os temas que fossem escolhidos sejam expostos para explorar de maneira mais vasta o conteúdo de funções.

L17: Talvez pensar em algum modelo de roteiro que o professor possa trabalhar de forma individual, ou ainda, desenvolver um sistema em que professores possam interagir para criar modelos de aulas como o apresentado.

A importância da utilização da matriz de estrutura de continuidade de problemas (e, em especial, de problemas abertos que admitem múltiplas respostas e diferentes maneiras de resolução) como estratégia didático-metodológica para o desenvolvimento do pensamento crítico e criativo dos alunos em sala de aula no campo da Matemática foi destacada por todos os respondentes. Eis algumas falas que ratificam essa impressão:

NI2: Orientar os alunos a pensar e buscar formas de pensar diferente, de forma crítica e criativa. As questões fechadas são importantes também, porém elas restringem toda uma estrutura de pensamento criativo e de capacitar uma elaboração de ideias e estratégias distintas na resolução de problemas, algo que a matriz incentiva os alunos a fazerem mais.

NI3: O ponto mais interessante foi que pudemos repensar sobre os problemas que propomos. Com a análise da matriz de continuidade, pudemos mensurar a pobreza ou a riqueza dos problemas que pensamos ser os ideais para ensinar Matemática.

L2: Quando o professor fecha a resolução, o desenvolvimento criativo e crítico do aluno acaba sendo suprimido, como ocorreu comigo na educação básica. Quando o professor motiva o aluno a fazer de diferentes maneiras, o aluno acaba se motivando e se sentindo bem por estar acertando fazendo do jeito dele.

L4: É um grande estímulo para explorar a capacidade dos alunos para resolver problemas matemáticos de forma mais indireta (não sendo apenas cálculos), estimulando a sua criatividade e seu pensamento matemático.

L8: Muito importante, onde mostra métodos de resolução de problema. E em problemas abertos é mais importante ainda, pois promove confiança dos alunos na resolução de problemas.

L11: Os problemas abertos são muito importantes, porque, além de desenvolverem o raciocínio e o pensamento matemático nos alunos, os professores acabam trabalhando a criatividade matemática, pois esses problemas abertos podem ser desenvolvidos de diferentes maneiras em sala de aula, e que acabam despertando a criatividade dos alunos.

L14: Esta matriz é importante por conseguir adotar um critério de classificação de questões/atividades em diversos casos, o que possibilita uma melhor visualização do que podemos atingir e de como podemos aplicá-las em sala de aula. Outro ponto importante é que conseguimos entender as possíveis respostas dos alunos e, assim, podemos encontrar alguns (possíveis) erros e dificuldades dos alunos, tornando mais fácil ajudá-los.

L20: Os problemas abertos são importantes principalmente para avaliar como os estudantes estão aprendendo o conteúdo, uma vez que o estudante é "forçado" a descobrir algum caminho que possa o levar a respostas sem que faça, necessariamente, uso de fórmulas e estruturas pré-definidas.

L23: A importância de utilizar a matriz de estrutura de continuidade é bem interessante, pois, no meu caso como estudante, gerou um interesse maior do que somente receber uma situação-problema e pedir para que eu resolvesse. Quero utilizar na sala de aula quando estiver no papel de docente.

L28: A matriz reflete diretamente no pensamento crítico e criativo, uma vez que propõe questões que muitas das vezes não possuem soluções ou soluções como métodos desconhecidos, instigando o processo criativo não só do aluno, mas do professor.

Essas verbalizações estão de acordo com os estudos de Schiever e Maker (2003), Kwon, Park e Park (2006), Bahar e Maker (2011), Alhusaini e Maker (2011) e Fonseca e Gontijo (2021a), os quais evidenciam as potencialidades dos problemas abertos no estímulo ao pensamento divergente necessário para resolvê-los de várias maneiras distintas.

A importância da utilização de problemas contextualizados e interdisciplinares e de técnicas de criatividade para o processo de ensino, aprendizagem e avaliação da Matemática em sala de aula também foi atestada por todos (100%) os respondentes, o que é corroborado pelos seguintes depoimentos:

N1: Importantíssimo! Com os problemas contextualizados, o aluno, primeiramente, se sente motivado a aprender um conteúdo, por ver que é útil. Além disso, a contextualização tende a auxiliar na compreensão verdadeira, em detrimento de um mero decoreba.

N13: A Matemática não surge no mundo de forma isolada. Muitas vezes, quando segregamos os conteúdos de Matemática, eles perdem seu teor atrativo e o mistério envolvido na parte investigativa. Somente com a contextualização é possível enxergar a Matemática em sua totalidade e manter sua atratividade e beleza.

L2: Eu utilizo bastante nas aulas que tenho criado essa ideia da contextualização. Os alunos se interessam mais pelo conteúdo e associar isso com uma coisa presente no dia a dia deles, ainda mais em uma matéria tão temida como a Matemática, faz eles verem que não é um bicho de sete cabeças. Isso motiva e instiga a curiosidade.

L14: Os problemas contextualizados e interdisciplinares ajudam a trazer o cotidiano e o mundo real para a Matemática, tornando-a mais tangível. Ajuda a entender o que há por trás da "matemática abstrata", que para alguns alunos são "um monte de letras sem sentido".

N11: De novo, incentivar o aprendizado de fato, e não o mero decoreba. Além disso, a "criatividade" desenvolvida torna os alunos mais seguros ao olhar para um problema que não sabem como resolver e buscar alternativas.

N12: Diversos conteúdos da Matemática exigem uma capacidade de pensar de formas diferentes ou de forma mais abstrata. As técnicas de criatividade podem ser muito úteis nesse sentido, porque ajudam a exercitar e desenvolver todo um conjunto de habilidades que favorecem essa capacidade dos alunos.

L4: De grande importância, pois gera a percepção que Matemática não é só a resolução de cálculos ou interpretação de gráficos, mas sim um tipo de pensamento crítico matemático que é de grande importância para a vida do aluno, além é claro de estimular os alunos a ser mais criativos não só na Matemática.

L11: As técnicas de criatividade são muito importantes porque permitem que o professor saia do padrão quadro e pincel e desenvolva uma outra técnica como jogos e mágicas matemáticas para ensinar os alunos. Com isso, o professor acaba fazendo com que os alunos gostem de Matemática e o aluno começa a perceber que pode aprender Matemática de uma maneira totalmente diferente.

L14: Ao utilizarmos técnicas criativas para o ensino e aprendizagem da Matemática, estamos mostrando uma nova forma de pensar sobre determinado conteúdo, o que faz com que a aula seja diferente e cativante, despertando um maior interesse dos alunos.

Também foi solicitado aos licenciandos para se autoavaliarem no tocante aos seus conhecimentos acerca de como ministrar aulas sobre o conteúdo de funções antes, durante e após terem cursado a disciplina. Por unanimidade, eles se declararam melhor preparados após o curso, conforme os relatos a seguir:

NI2: Antes: bem-preparado, porém mais para as metodologias mais tradicionais de ensino. Durante: mais preparado e mais criativo, no quesito de poder desenvolver mais abordagens. Depois: muito mais preparado, no sentido de agora conhecer mais formas de abordar esse conteúdo e formas que eu posso atingir melhor os meus alunos, indo além da mera exposição de conteúdos que favorece grupos menores de alunos e não a totalidade deles.

NI3: Antes, eu já tinha um conhecimento muito amplo sobre funções, mas só após essa disciplina que pude compreender a forma como esse conteúdo pode ser ensinado. Durante o percurso da disciplina pude notar que é mais interessante que se investigue e construa o conteúdo do que apenas repetir algoritmos e memorizar definições.

L2: Antes eu só conseguia pensar em um ensino vertical para funções, que era impossível pensar em algo diferente. Durante, foi meio que um choque pois eu vi que poderia ministrar de um jeito completamente diferente, utilizando metodologias ativas e instigando a criatividade dos alunos. Após, eu acredito que evoluí bastante em relação a como entrei na disciplina, consegui aplicar algumas coisas da disciplina na residência pedagógica e fiquei muito feliz.

L14: O que essa disciplina mais me acrescentou foi aprender uma grande variedade de métodos de ensino para os mais diversos tipos de funções, através das aulas síncronas e das apresentações das oficinas. Como esse semestre foi de modo remoto, o uso de recursos da internet foi necessário nas apresentações, o que me fez conhecer várias ferramentas interessantes que podem facilmente serem integradas à sala de aula, tanto para o ensino remoto, quanto para o ensino presencial.

L18: Eu já dei algumas aulas de funções, mas nunca sequer passou pela minha cabeça usar funções para fixar o conteúdo na cabeça dos alunos. Então, antes da disciplina eu daria uma aula comum a respeito, durante eu tentaria aplicar algumas coisas, mas sem muita certeza, e hoje, após a disciplina, eu vejo muitas maneiras diferentes de sair do óbvio e executar o conteúdo.

Os participantes da pesquisa também foram demandados a se autoavaliarem no que se refere aos seus conhecimentos e concepções acerca da criatividade em Matemática antes,

durante e após terem cursado a disciplina. Novamente, de modo unânime, eles se declararam melhor preparados após o curso, conforme atestam as seguintes falas:

NI3: Para ser sincero, antes da disciplina eu nunca havia pensado em utilizar a criatividade a favor da Educação Matemática. Acreditava que a criatividade somente se aplicava às Artes e à Música. No decorrer da disciplina, percebi a importância da criatividade no processo de aprendizagem de Matemática e ainda como utilizá-la ao meu favor.

L2: Antes da disciplina eu tinha pouca criatividade em Matemática, vinda do meu ensino básico e não tinha muita certeza do que era. Durante eu consegui abrir meus olhos quanto a isso e voltar um pouco dessa criatividade que me foi tirada durante meu ensino básico. Depois, mesmo ainda não estando 100% em volta da criatividade matemática, sinto vontade de melhorar e correr atrás e trabalhar essa criatividade.

L11: Antes da disciplina eu não conhecia as concepções de criatividade matemática e também não sabia como desenvolver a criatividade. Durante o curso comecei a perceber e a despertar o meu lado criativo principalmente nos problemas abertos e investigativos que permitem que os professores usem a criatividade matemática e explorem os conhecimentos dos alunos.

L21: Agora tenho a certeza de que a criatividade é de extrema importância para o ensinamento e incentivo do conhecimento matemático.

L23: Acredito que após o decorrer das aulas e das oficinas pude observar como é interessante trabalhar a Matemática e a criatividade de uma forma conjunta, pois observei como é legal pensar a Matemática além dos cálculos, ou seja, com jogos e outras atividades.

Percebe-se das falas dos licenciandos que, após terem cursado a disciplina que subsidiou a nossa investigação, houve uma mudança significativa em seus conhecimentos, concepções de criatividade e práticas pedagógicas para o ensino de conteúdo de funções em comparação ao início do curso. Tendo por base tais excertos, e dialogando com principais referenciais teóricos que balizam nossa pesquisa no tocante aos conhecimentos pedagógicos voltados à criatividade (BEGHETTO, 2013a, 2017) e ao conhecimento especializado no âmbito do modelo MTKS para o ensino de funções (CARRILLO; CLIMENT; CONTRERAS-GONZÁLEZ; MUÑOZ-CATALÁN, 2013; MORIEL JUNIOR; CARRILLO, 2014; CARRILLO *et al.*, 2018), é possível inferir que o ensino **com** criatividade favorece o processo de ensino e aprendizagem do conteúdo de funções, evidenciando o saber docente **KMT**.

O impacto da disciplina no processo formativo dos licenciandos na condição de futuros professores de Matemática para a educação básica foi significativo para todos os respondentes. Segundo eles, o curso foi importante por fornecer abordagens alternativas ao método tradicional para o ensino da Matemática, como indicam os seguintes excertos:

NI1: As disciplinas práticas, no geral, dão muita bagagem para um futuro exercício de magistério. É essencial dominar o conteúdo que vai ensinar, mas é muito mais importante saber as melhores formas de fazer isso.

NI2: Muito grande, mudou de fato a minha visão acerca de como desenvolver os conteúdos, como avaliar, como elaborar problemas, tudo isso de uma forma que eu possa colocar os alunos cada vez mais como protagonistas do processo de ensino-aprendizagem.

NI3: O maior impacto é que o tema criatividade em Matemática é muito amplo e a disciplina foi um fator intensificador no interesse que tenho no tema, o que está me motivando a repensar sobre todas as estratégias e em refinar mais meu conhecimento a respeito.

L11: Essa disciplina contribuiu muito para minha formação, pois me mostrou diferentes técnicas, metodologias, criatividade, que tudo isso pode ser desenvolvido em sala de aula, além de infinitas possibilidades de ensinar um conteúdo para os alunos.

Por fim, a importância da presença de conteúdos sobre pensamento crítico e criativo em disciplinas do curso de licenciatura em Matemática foi destacada por unanimidade, o que é evidenciado pelas verbalizações que se seguem:

NI2: Com certeza, porque além de ser algo com poucos trabalhos no Brasil, é fácil ver como esses conteúdos podem ter um impacto no processo educacional, e é fato que o pensamento crítico é algo muito necessário à Matemática já que estamos sempre questionando as coisas e buscando justificativas, além da criatividade que é necessária para desenvolver raciocínios e abordagens nos diversos conteúdos que a Matemática abrange.

L2: Acho de extrema importância. Nós da licenciatura temos pouca oportunidade de cursar matérias voltadas para isso, o curso é basicamente um bacharelado e ter a oportunidade de vivenciar algo assim é incrível. Seria maravilhoso ter uma matéria voltada apenas para criatividade em Matemática.

L4: SIM, porque é algo que sempre faz falta no ensino da Matemática. Para aqueles que querem ser professores que estimulem o aluno a gostar da Matemática, é uma ferramenta muito útil essa metodologia, além de só acrescentar no ensino dos alunos. Desse modo, com mais meios e métodos diferentes de se ensinar não só a Matemática mais também o pensamento matemático para os alunos em disciplinas da licenciatura, melhores professores teremos.

L12: Com certeza. Porque essas disciplinas nos levam a pensar em maneiras diferentes do método tradicional, que já está totalmente ultrapassado.

L20: Eu acho que é superimportante pois temos apenas disciplinas que ensinam a matemática pura, que muitas vezes não vai ser utilizada na sala de aula, diferentemente de disciplinas de pensamento crítico e criativo, que com certeza terão uso em sala de aula.

4.5 SÍNTESE INTERPRETATIVA DOS RESULTADOS OBTIDOS

A presente pesquisa, realizada durante o processo formativo de 28 estudantes em uma disciplina do curso de licenciatura em Matemática de uma universidade pública do DF durante o 1º semestre letivo de 2020, foi desenvolvida com vistas a atingir 3 objetivos específicos:

1. Analisar as contribuições da estrutura didático-pedagógica adotada nessa disciplina sobre os conhecimentos e as concepções acerca da criatividade em Matemática manifestados por tais licenciandos;
2. Analisar as contribuições da estrutura didático-pedagógica adotada nessa disciplina sobre os conhecimentos e as práticas pedagógicas para o ensino do conteúdo de funções manifestados por tais licenciandos;
3. Analisar as contribuições da estrutura didático-pedagógica adotada nessa disciplina, junto aos licenciandos participantes da pesquisa, no planejamento, elaboração e apresentação de uma oficina destinada a alunos do ensino médio acerca do conteúdo de funções na perspectiva do pensamento crítico e criativo em Matemática.

A pesquisa de campo foi realizada com tais licenciandos na modalidade de ensino remoto, e os dados coletados, provenientes de questionários, videoaulas e registros escritos produzidos pelos alunos, foram submetidos à técnica de Análise de Conteúdo (na perspectiva de Laurence Bardin), da qual emergiram 10 categorias de análise, a saber:

- a) concepções prévias de criatividade;
- b) características de alunos criativos;
- c) características de professores criativos;
- d) aulas de Matemática;
- e) a formação inicial na licenciatura em Matemática;
- f) conhecimentos docentes mobilizados pelos licenciandos e pelo pesquisador;
- g) representações de funções;
- h) características do pensamento criativo;
- i) abordagens didático-metodológicas para o ensino de funções;
- j) conhecimentos docentes mobilizados nas aulas e nas oficinas.

A partir das informações produzidas na pesquisa e de acordo com as análises realizadas, concluímos que os objetivos foram alcançados. A seguir, sintetizamos os principais resultados obtidos, os quais evidenciam o alcance dos objetivos:

1. Os licenciandos aprofundaram e especializaram o seu conhecimento acerca da criatividade em Matemática e do ensino do conteúdo de funções, além de vivenciarem situações de ensino que podem ser úteis em sua futura carreira docente. Dessa maneira, pode-se inferir que a disciplina mudou as concepções prévias que eles tinham a respeito dessas duas temáticas;

2. A análise dos roteiros das oficinas ratifica a necessidade de trazer para o âmbito da formação inicial e continuada do professor de Matemática a abordagem do conceito de função em uma perspectiva além do conhecimento comum e do conhecimento específico do conteúdo (SHULMAN, 1986, 1987). Nesse sentido, é de suma importância que os futuros professores tenham contato com abordagens teórico-metodológicas inovadoras (resolução de problemas, uso de TDIC, ludicidade, História da Matemática, modelagem matemática) para o ensino de funções durante a graduação, evidenciando o conhecimento para o ensino da Matemática (KMT) presente no modelo MKTS (CARRILLO; CLIMENT; CONTRERAS-GONZÁLEZ; MUÑOZ-CATALÁN, 2013; CARRILLO *et al.*, 2018);
3. A análise das respostas dos licenciandos aos questionários reforça a percepção positiva que eles têm acerca (a) da inclusão da temática da criatividade como componente curricular em sua formação inicial; (b) da utilização de técnicas de criatividade e de problemas abertos, contextualizados e interdisciplinares no planejamento de aulas e de atividades propostas em sala de aula; e (c) das atividades propostas no roteiro das oficinas como importante ferramenta para a formação docente e posterior utilização em sala de aula com seus futuros alunos.

Em resumo, esses pontos nos levam a concluir que a disciplina que subsidiou a nossa investigação propiciou aos licenciandos uma formação especializada sobre conhecimentos pedagógicos voltados à criatividade, o que lhes permitiu desenvolver estratégias de ensino acerca do conteúdo de funções por meio de um modelo de oficinas de estímulo ao pensamento crítico e criativo em Matemática proposto por Gontijo (2020) e de problemas contextualizados e interdisciplinares segundo uma matriz de estrutura de continuidade de problemas proposta por Schiever e Maker (2003). Desse modo, esses dados nos levam a sustentar a tese apresentada inicialmente e reforçar o seu sentido, de tal modo que reafirmamos que *o processo formativo baseado em técnicas de criatividade, com problemas contextualizados e interdisciplinares, durante a formação inicial, pode transformar as concepções e práticas pedagógicas de futuros professores de Matemática no âmbito da criatividade em Matemática e favorecer o processo de ensino e aprendizagem do conteúdo de funções.*

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escola tradicional ainda é um ambiente pautado pelo ensino centrado na figura do professor, pela passividade do aluno, pela memorização e reprodução do conhecimento e por um currículo extenso e pouco flexível a ser cumprido no decorrer do ano letivo, o que acaba não oportunizando momentos para estimular a criatividade do estudante. Nessa perspectiva, o professor deve optar sempre por uma prática pedagógica sob uma perspectiva dialógica, na qual ele tem o papel decisivo de criar em sala de aula um ambiente favorável ao pleno desenvolvimento das potencialidades do aluno por meio de estratégias que estimulem a sua criatividade, favorecendo o processo de ensino e aprendizagem.

Ao professor não basta apenas dominar o conteúdo que leciona (condição necessária, mas não suficiente para alguém seguir carreira docente) e gostar de ensinar. É preciso que ele se reinvente pedagogicamente, incorporando (e refletindo sobre) estratégias de ensino diferentes daquelas que ele havia experimentado quando era estudante. É necessário também que ele aproveite as situações que ocorrem na sala de aula para incentivar o aluno a sair de sua zona de conforto e “pensar fora da caixa”, valorizando suas ideias, dúvidas, erros e a sua autonomia na construção do conhecimento, mesmo que isso implique sacrificar o tempo de aula em detrimento do conteúdo a ser ensinado.

Ademais, é imprescindível ao professor propor atividades instigantes e desafiadoras, com múltiplas respostas e modos de resolução, e criar uma atmosfera de sala de aula propícia para o desenvolvimento de traços cognitivos e afetivos necessários à expressão do potencial criativo do discente, encorajando-o a adotar uma postura questionadora e a expor suas ideias e habilidades livremente, independentemente do medo de errar e/ou ser criticado.

Para atingir tais objetivos, urge que o professor construa conhecimentos pedagógicos especializados acerca da criatividade durante o curso de licenciatura e os aprimore ao longo de sua carreira docente por meio de programas de formação continuada. Desse modo, ele irá conscientizar-se da importância dessa temática e, com isso, motivar e capacitar o aluno a identificar, acreditar e desenvolver o seu potencial criativo em sala de aula. Além disso, é preciso se repensar a estrutura curricular das escolas de modo a incluir o desenvolvimento da criatividade dos alunos como um objetivo a ser alcançado e avaliado no decorrer do ano letivo.

No caso específico do professor de Matemática, é essencial repensar a sua formação inicial, o seu desenvolvimento profissional, os seus saberes docentes e a sua prática pedagógica, vislumbrando mudanças no currículo, nas práticas avaliativas e em estratégias para estimular a colaboração e a criatividade em sala de aula, de modo que o estudante se aproprie efetivamente do conhecimento matemático, em vez de memorizar fórmulas e repetir manipulações algébricas

que não têm nenhum sentido prático para sua vida e acabam por fomentar a aversão, a ansiedade e o medo à essa disciplina. Nesse contexto, é primordial reformular o currículo do curso de licenciatura em Matemática, ainda pautado no conhecimento específico do conteúdo e no conhecimento pedagógico geral. Uma ideia nesse sentido é a inserção de novas disciplinas na área de Educação Matemática no projeto político-pedagógico do curso, privilegiando o conhecimento pedagógico do conteúdo por meio de abordagens didático-metodológicas inovadoras como a resolução de problemas (com ênfase em problemas abertos nos moldes da matriz de estrutura de continuidade de problemas proposta por Schiever e Maker (2003)), as TDIC aplicadas ao ensino de Matemática, a ludicidade, a História da Matemática e a modelagem matemática. Outra proposta é a inserção de conhecimentos pedagógicos específicos voltados à criatividade (BEGHETTO, 2013a, 2017) na formação inicial dos licenciandos, de modo a favorecer a formação de professores críticos, criativos e reflexivos para atuarem na educação básica, capazes de fomentar traços de personalidade e habilidades cognitivas em seus alunos associados ao pensamento criativo e criar um clima de sala de aula favorável ao desenvolvimento desse tipo de pensamento.

Em síntese, espero com os resultados desta pesquisa contribuir para disseminar duas propostas inovadoras:

- a) A implementação de políticas públicas de formação inicial e continuada para professores de Matemática no âmbito da educação básica do DF em que o pensamento crítico e criativo seja parte do rol de saberes docentes essenciais à prática educativa em sala de aula;
- b) A construção de um currículo para a formação do professor da educação básica em que estratégias de desenvolvimento do pensamento criativo e criativo dos alunos em sala de aula estejam incorporadas às práticas escolares no ensino de Matemática.

Em particular, espero que esta tese sirva de referencial teórico-metodológico para futuras pesquisas que discutam o ensino sobre, para e com criatividade no tocante ao conteúdo matemático de funções, de forma a subsidiar futuros professores, professores em exercício, formadores de professores atuantes em licenciaturas em Matemática, educadores matemáticos e gestores no planejamento de aulas na elaboração de livros didáticos e demais materiais de apoio a professores, na implementação de políticas públicas educacionais e na construção de uma estrutura curricular que possibilitem o desenvolvimento de práticas pedagógicas no campo da Matemática (em seus diferentes níveis e modalidades de ensino) de fomento ao pensamento

crítico e criativo para potencializar o processo de ensino e aprendizagem de Matemática em sala de aula.

Apesar dos resultados positivos obtidos com esta tese, é importante salientar as dificuldades encontradas durante o processo de investigação associadas às limitações inerentes à pesquisa. Dentre elas, podemos destacar: (a) o contexto pandêmico, que, além de adiar a realização da pesquisa de campo, também alterou a sua forma de execução da modalidade presencial para a modalidade via ensino remoto; (b) o tamanho reduzido da amostra de licenciandos, os quais pertenciam a uma única universidade pública do DF; e (c) o modelo de ensino remoto, que impediu a interação entre o pesquisador e os participantes da pesquisa por meio de observações presenciais em sala de aula e de entrevistas semiestruturadas, as quais faziam parte do rol de instrumentos para a coleta de dados no projeto inicial da pesquisa, originalmente concebida para o modelo de ensino presencial. Todavia, ainda que o fato de a pesquisa se limitar a um grupo restrito de alunos lhe confira um caráter de estudo de caso não passível de ser generalizado, a interpretação dos aspectos essenciais dessa situação específica acabou contribuindo para uma compreensão profunda do fenômeno de interesse em um caso particular.

Na condição de professor formador de futuros professores de Matemática na universidade, o interesse pela temática de criatividade e os resultados desta pesquisa acabaram se refletindo em meu trabalho docente, no qual tenho procurado incorporar várias técnicas de criatividade em sala de aula, sempre buscando apresentar a Matemática de forma divertida e lúdica para conquistar a atenção e o interesse dos alunos. A título de ilustração, eis alguns exemplos recentes de como tenho utilizado estratégias de ensino criativo em minha prática pedagógica:

- a) Quando vou explicar e/ou demonstrar algum teorema importante que possui várias hipóteses, procuro introduzi-lo a partir de um problema contextualizado que estimule e motive a aprendizagem dos estudantes. A partir dessa introdução, incentivo o aluno a entender o porquê das hipóteses fazendo alguns questionamentos (os quais caracterizam a técnica conhecida na literatura de criatividade por SCAMPER): O que aconteceria se retirássemos tal condição? O que aconteceria se substituíssemos tal condição? O que aconteceria se acrescentássemos tal condição? Dessa maneira, procuro levar o aluno a comparar situações e questionar o que é essencial e o que é supérfluo em um enunciado matemático;

- b) Quando vou resolver em sala algum exercício importante, procuro sempre formas diferentes de “atacá-lo”, sem me apegar a fórmulas e memorizações desnecessárias. Muitas vezes começo com uma tática que acaba não sendo a mais conveniente para o problema em questão de modo que os alunos se convençam das dificuldades que essa abordagem produzirá e a abandonem em busca de um caminho mais atrativo e que produza o resultado esperado;
- c) Quando vou aplicar algum teste semanal em sala de aula, proponho sempre uma questão aberta que possua mais de uma maneira de ser resolvida. Além disso, deixo sempre a opção para que ele possa ser realizado em duplas, ensejando uma postura ativa e colaborativa por parte dos estudantes.

Já como pesquisador, os resultados obtidos na tese me suscitaram novos rumos para a continuidade desta investigação. Dentre eles, eis algumas ideias de pesquisa para um futuro próximo no intuito de estender e/ou aprofundar os resultados deste trabalho:

1. Adaptar o processo formativo descrito nessa pesquisa para a modalidade presencial, de forma a verificar confluências e divergências em relação ao modelo de oficinas no contexto do ensino remoto;
2. Adaptar o processo formativo descrito nessa pesquisa para a formação continuada de professores de Matemática em exercício nas escolas da rede pública de ensino do DF a fim de analisar as percepções desses professores em uma perspectiva de vivências junto aos seus estudantes na educação básica;
3. Realizar um estudo de caso com alguns licenciandos participantes dessa pesquisa para, após a sua inserção do magistério, investigar a possibilidade de implementação de práticas pedagógicas facilitadoras ao desenvolvimento da criatividade em sala de aula junto a seus alunos e o impacto dessas estratégias sobre a criatividade, o interesse, a motivação, o rendimento escolar e a aprendizagem dos estudantes;
4. Estender os resultados da pesquisa por meio da elaboração de uma oficina de pensamento crítico e criativo em Matemática para futuros professores e/ou professores de Matemática em exercício, só que agora envolvendo conteúdos sobre os outros eixos temáticos de Matemática contemplados da BNCC (Números, Geometria, Grandezas e Medidas e Probabilidade e Estatística), e comparar os resultados obtidos;
5. Analisar como a temática “criatividade associada ao ensino de funções” é abordada nos livros didáticos e em avaliações de larga escala como o Enem e o Pisa;

6. Fazer um levantamento do tipo estudo da arte acerca da temática “pensamento crítico e criativo na formação de professores de Matemática” no âmbito das produções do grupo PI/UnB;
7. Fazer um levantamento do tipo estudo da arte acerca da temática “criatividade e saberes docentes na formação de professores de Matemática” no âmbito das produções dos grupos de pesquisa CIEspMat/Unicamp e ForMatE/UFABC;
8. Fazer um mapeamento das pesquisas acerca de criatividade na formação de professores de Matemática nas várias etapas de escolarização (educação infantil, ensino fundamental, ensino médio e ensino superior) nos anais *do International Conference on Mathematical Creativity and Giftedness (MCG)*, *do International Congress on Mathematical Education (ICME)* e *do Psychology of Mathematics Education Annual Conference (PME)*, a fim de sistematizar o conhecimento nessa temática e contribuir para consolidar esse campo de pesquisa;
9. Fazer um estudo comparativo entre a BNCC/BNC-Formação e as diretrizes curriculares que norteiam os sistemas educacionais de vários países no que tange à presença e ao papel da criatividade na formação de professores de Matemática.

Como se vê, ainda há muito a ser pesquisado acerca da temática de criatividade na formação de professores de Matemática. A presente tese foi apenas um passo inicial nesta direção.

REFERÊNCIAS

- AIKEN, Lewis R. Ability and creativity in mathematics. **Review of Educational Research**, Washington, DC, v. 43, n. 4, p. 405-432, 1973.
- AKGÜL, Savas; KAHVECI, Nihat Gurel. A study on the development of mathematics creativity scale. **Eurasian Journal of Educational Research**, v. 62, p. 57-76, 2016.
- AKTAS, Meral Cansiz. Turkish high school teachers' conceptions of creativity in mathematics. **Journal of Education and Training Studies**, Beaverton, v. 4, n. 2, p. 42-52, 2016.
- ALARCÃO, Isabel. Ser professor reflexivo. In: ALARCÃO, Isabel (Org.). **Formação Reflexiva de Professores: estratégias de supervisão**. Porto: Porto Editora, 1996, p. 171-189.
- ALBUQUERQUE, Leila Cunha; GONTIJO, Cleyton Hércules. A complexidade da formação do professor de matemática e suas implicações para a prática docente. **Espaço Pedagógico**, Passo Fundo, v. 20, n. 1, p. 76-87, 2013.
- ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano. O estímulo à criatividade no contexto universitário. **Psicologia Escolar e Educacional**, Campinas, v. 1, n. 2-3, p. 29-37, 1997.
- ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano. Barreiras à criatividade pessoal: desenvolvimento de um instrumento de medida. **Psicologia Escolar e Educacional**, Campinas, v. 3, n. 2, p. 123-132, 1999.
- ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano. **Criatividade e educação de superdotados**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.
- ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano. O estímulo à criatividade em programas de pós-graduação segundo seus estudantes. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 15, n. 1, p. 1-8, 2002.
- ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano. Criatividade no contexto educacional: três décadas de pesquisa. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, Brasília, v. 23, n. especial, p. 45-49, 2007.
- ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano; FLEITH, Denise de Souza. Contribuições teóricas recentes ao estudo da criatividade. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 1-8, 2003a.
- ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano; FLEITH, Denise de Souza. Barreiras à criatividade pessoal entre professores de distintos níveis de ensino. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 16, n. 1, p. 63-69, 2003b.
- ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano; FLEITH, Denise de Souza. Inventário de práticas docentes que favorecem a criatividade no ensino superior. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 17, n. 1, p. 105-110, 2004.

ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano; FLEITH, Denise de Souza. Barreiras à promoção da criatividade no ensino fundamental. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, Brasília, v. 24, n. 1, p. 59-66, 2008.

ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano; FLEITH, Denise de Souza. **Criatividade: múltiplas perspectivas**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2009.

ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano; FLEITH, Denise de Souza. Escala de práticas docentes para a criatividade na educação superior. **Avaliação Psicológica**, v. 9, n. 1, p. 13-24, 2010a.

ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano; FLEITH, Denise de Souza. Criatividade na educação superior: fatores inibidores. **Avaliação**, v. 15, n. 2, p. 201-219, 2010b.

ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano; FLEITH, Denise de Souza. Relationships between motivation, cognitive styles and perception of teaching practices for creativity. **Estudos de Psicologia**, Campinas, v. 33, n. 3, p. 503-513, 2016.

ALHUSAINI, Abdunnasser A.; MAKER, Carol June. The uses of open-ended problem solving into regular academic subjects to develop students' creativity: an analytical review. **Turkish Journal of Giftedness and Education**, v. 1, n. 1, p. 1-43, 2011.

ALLEVATO, Norma Suelly Gomes; ONUCHIC, Lourdes de la Rosa. Ensino-aprendizagem-avaliação de matemática através da resolução de problemas: uma nova possibilidade para o trabalho em sala de aula. In: **Atas da VII Reunião de Didática da Matemática do Cone Sul**. Águas de Lindóia, SP, 2006.

ALMEIDA, Janaína Maria Oliveira; ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano. Criatividade no ensino médio segundo seus estudantes. **Paideia**, v. 20, n. 47, p. 325-334, 2010.

ALMEIDA, Lourdes Werle; SILVA, Karina Pessôa; VERTUAN, Rodolfo Eduardo. Modelagem matemática na educação básica. São Paulo: Contexto, 2021.

ALSAHOU, Hamed. **Teachers' beliefs about creativity and practices for fostering creativity in science classrooms in the State of Kuwait**. 2015. 395 f. Thesis – Doctor of Philosophy – College of Social Sciences and International Studies – Graduate School of Education – University of Exeter, 2015.

ALVARENGA, Karly Barbosa; DÖRR, Raquel Carneiro; VIEIRA, Vanda Domingos. O ensino e a aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral: características e interseções no centro-oeste brasileiro. **REBES – Revista Brasileira de Ensino Superior**, Passo Fundo, v. 2, n. 4, p. 46-57, 2016.

ALVARENGA, Rosana Cristina Macelloni. **O raciocínio lógico e a criatividade na resolução de problemas matemáticos no ensino médio**. 2008. 99 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008.

ALVARENGA, Rosana Cristina Macelloni. **Um estudo sobre os componentes da criatividade na solução de problemas matemáticos**. 2017. 141 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2017.

AMABILE, Teresa M. **The Social Psychology of Creativity**. New York: Springer-Verlag, 1983.

AMABILE, Teresa M. **Growing up creative**. Buffalo, NY: The Creative Education Foundation Press, 1989.

AMABILE, Teresa M. **Creativity in context: update to the social psychology of creativity**. Boulder, CO: Westview Press, 1996.

AMABILE, Teresa M. **Componential Theory of Creativity**. Harvard Business School Working Paper. Boston, Massachusetts, 2012.

AMARAL, Nuno Alexandre Rodrigues. **A criatividade matemática no contexto de uma competição de resolução de problemas**. 2016. 453 f. Tese (Doutorado em Educação) – Instituto de Educação, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2016.

AMARAL, Nuno; CARREIRA, Susana. A criatividade matemática nas respostas de alunos participantes de uma competição de resolução de problemas. **Bolema**, Rio Claro, SP, v. 31, n. 59, p. 880-906, 2017.

ARAÚJO NETO, Lineu da Costa; VIRIATO JÚNIOR, Rubens Carlos; FRANÇA, Jéssica de Aguiar. The Light Game: an activity of linear systems. Workshop. In: **13th International Congress on Mathematical Education (ICME-13)**, Hamburg, 2016.

ARAÚJO NETO, Lineu da Costa; BEZERRA, Ângelo; MOREIRA, Bruna; GIOVENARDI, Luisa; OLIVEIRA, Maria Luiza; MOREIRA, Paulo Victor; SILVA, Renata. Como um Matemático Captura Pokémons. Resumo. In: **Anais do IX Workshop de Verão em Matemática**. Universidade de Brasília, Brasília, 2017a.

ARAÚJO NETO, Lineu da Costa; BEZERRA, Ângelo; MOREIRA, Bruna; GIOVENARDI, Luisa; OLIVEIRA, Maria Luiza; MOREIRA, Paulo Victor; SILVA, Renata. O Infinito Mundo dos Fractais. Resumo. In: **Anais da Semana Nacional de Ciência e Tecnologia**, 2017b.

ARAÚJO NETO, Lineu da Costa. Como um matemático captura pokémons: relato de experiência em sala de aula no âmbito do Pibid. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 9, p. 93325-93334, 2021.

ARIKAN, Elif Esra. Is there a relationship between creativity and mathematical creativity? **Journal of Education and Learning**, v. 6, n. 4, p. 239-253, 2017.

BACICH, Lilian; MORAN, José. (Org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.

BAER, John; GARRETT, Tracey. Teaching for creativity in an era of content standards and accountability. In: BEGHETTO, Ronald A.; KAUFMAN, James C. (Ed.). **Nurturing creativity in the classroom**. Cambridge: Cambridge University Press, 2010, p. 6-23.

BAGHAEI, Samira; RIASATI, Mohammad Javad. An investigation into the relationship between teachers' creativity and students' academic achievement: a case study of Iran EFL context. **Middle-East Journal of Scientific Research**, v. 14, n. 12, p. 1576-1580, 2013.

BAHAR, Abdulkadir. **The influence of cognitive abilities on mathematical problem-solving performance**. 2013. 118 f. Doctoral Dissertation – University of Arizona, Faculty of the Department of Disability and Psychoeducational Studies, 2013.

BAHAR, Abdulkadir; KANBIR, Sinan. Tapping mathematical creativity through problem solving: problem-matrix framework for teaching for creativity in the math classroom. In: **Proceedings of the 11th International Conference on Mathematical Creativity and Giftedness** (MCG Conference 11). Hamburg: Universität Hamburg, Germany, 2019, p. 356-357.

BAHAR, Abdulkadir; MAKER, Carol June. Exploring the relationship between mathematical creativity and mathematical achievement. **Asia-Pacific Journal of Gifted and Talented Education**, v. 3, n. 1, p. 33-47, 2011.

BAHAR, Abdulkadir; MAKER, Carol June. Cognitive backgrounds of problem solving: a comparison of open-ended vs. closed mathematics problems. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 11, n. 6, p. 1531-1546, 2015.

BAL-SEZEREL, Bilge; SAK, Ugur. The Selective Problem-Solving Model (SPS) and its social validity in solving mathematical problems. **International Journal of Problem Solving and Creativity**, Seoul, v. 23, n. 1, p. 71-86, 2013.

BALKA, Don Stephen. **The development of an instrument to measure creativity ability in mathematics**. 1974. 228 f. PhD Thesis – Faculty of the Graduate School, University of Missouri, Columbia, EUA, 1974.

BALL, Deborah Loewenberg; THAMES, Mark Hoover; PHELPS, Geoffrey Charles. Content knowledge for teaching: what makes it special? **Journal of Teacher Education**, New York, v. 59, n. 5, p. 389-407, 2008.

BARBOSA, Yuri Osti. **Multisignificados de equação**: uma investigação sobre as concepções de professores de matemática. 2009. 196 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Bandeirante de São Paulo, São Paulo, 2009.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Modelagem matemática**: teoria e prática. São Paulo: Contexto, 2015.

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**: uma nova estratégia. São Paulo: Contexto, 2021.

BEGHETTO, Ronald A. Creativity in the classroom. In: KAUFMAN, James C.; STERNBERG, Robert J. (Ed.). **The Cambridge Handbook of Creativity**. New York: Cambridge University Press, 2010, p. 447-463.

BEGHETTO, Ronald A. **Killing ideas softly?** The promise and perils of creativity in the classroom. Charlotte, NC: Information Age Publishing, 2013a.

BEGHETTO, Ronald A. Expect the unexpected: teaching for creativity in the micro-moments. In: GREGERSON, M.; KAUFMAN, J. C.; SNYDER, H. (Ed.). **Teaching creatively and teaching creativity**. New York: Springer Science, 2013b, p. 133-148.

BEGHETTO, Ronald A. Creativity: development and enhancement. In: PLUCKER, Jonathan A.; CALLAHAN, Carolyn M. (Ed.). **Critical issues and practices in gifted education: what the research says**. Waco, TX: Prufrock Press, 2013c, p. 181-194.

BEGHETTO, Ronald A. Creativity in Teaching. In: KAUFMAN, James C.; GLĂVEANU, Vlad Petre; BAER, John (Ed.). **The Cambridge Handbook of Creativity across Domains**. New York: Cambridge University Press, 2017, p. 549-564.

BEGHETTO, Ronald A.; KAUFMAN, James C. Toward a broader conception of creativity: a case for mini-c creativity. **Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts**, Washington, DC, v. 1, n. 2, p. 73-79, 2007.

BEGHETTO, Ronald A.; KAUFMAN, James C. Beyond big and little: the four C model of creativity. **Review of General Psychology**, Washington, DC, v. 13, n. 1, p. 1-12, 2009.

BEGHETTO, Ronald A.; KAUFMAN, James C. Do people recognize the four C's? Examining layperson conceptions of creativity. **Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts**, Washington, DC, v. 7, p. 229-236, 2013.

BEGHETTO, Ronald A.; KAUFMAN, James C. Classroom contexts for creativity. **High Ability Studies**, v. 25, n. 1, p. 53-69, 2014.

BEGHETTO, Ronald A.; KAUFMAN, James C.; BAER, John. **Teaching for creativity in the common core classroom**. New York: Teachers College Press, 2015.

BEZERRA, Wesley Well Vicente. **Avaliação para aprendizagem na disciplina de Cálculo 1: percepções de discentes e docentes da Universidade de Brasília**. 2019. 200 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

BEZERRA, Wesley Well Vicente; GONTIJO, Cleyton Hércules; FONSECA, Mateus Gianni. Promovendo a criatividade em matemática em sala de aula por meio de feedbacks. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 23, n. 1, p. 1-17, 2021.

BICUDO, Maria Aparecida Viggiani. Pesquisa qualitativa e pesquisa qualitativa segundo a abordagem fenomenológica. In: BORBA, Marcelo de Carvalho; ARAÚJO, Jussara de Loiola (Org.). **Pesquisa qualitativa em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2013, p. 99-112.

BIEMBENGUT, Maria Salett; HEINE, Nelson. **Modelagem matemática no ensino**. São Paulo: Contexto, 2021.

BISOGNIN, Eleni; BISOGNIN, Vanilde; CURY, Helena Noronha. Conhecimentos de professores da educação básica sobre o conceito de função. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 10., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: SBEM, 2010.

BOALER, Jo. **Mentalidades matemáticas**: estimulando o potencial dos estudantes por meio da matemática criativa, das mensagens inspiradoras e do ensino inovador. Porto Alegre: Penso, 2018.

BOALER, Jo. **O que a matemática tem a ver com isso?** Como professores e pais podem transformar a aprendizagem da matemática e inspirar sucesso. Porto Alegre: Penso, 2019.

BOGDAN, Robert C.; BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação qualitativa em Educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 1994.

BOLDEN, David S.; HARRIES, Tony V.; NEWTON, Douglas P. Pre-service primary teachers' conceptions of creativity in mathematics. **Educational Studies in Mathematics**, Amsterdam, v. 73, n. 2, p. 143-157, 2010.

BORBA, Marcelo de Carvalho; PENTEADO, Miriam Godoy. **Informática e Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2017.

BORGES, Camilo Ferreira. **Atividades criativas e o relacionamento dos alunos com a matemática**. 2019. 76 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Departamento de Matemática, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: matemática (1ª a 4ª séries). Brasília: MEC/SEF, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: matemática (5ª a 8ª séries). Brasília: MEC/SEF, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: matemática (ensino médio). Brasília: MEC/SEMT, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Portaria nº 38, de 12 de dezembro de 2007. Institui o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 dez. 2007, p. 39.

BRASIL. Ministério da Educação. Decreto nº 7.219, de 24 de junho de 2010. Dispõe sobre o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 jun. 2010, p. 4.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Formação de professores do ensino médio, Etapa II – Caderno V**: Matemática. Curitiba: UFPR/Setor de Educação, 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Diretoria de Avaliação da Educação Básica. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Brasil no PISA 2015: análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros / OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico**. São Paulo: Fundação Santillana, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular: educação é a base**. Brasília: MEC, 2018a.

BRASIL. Ministério da Educação. Diretoria de Avaliação da Educação Básica. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Sistema de Avaliação da Educação Básica: evidências da edição 2017**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=94161-saeb-2017-versao-ministro-revfinal&category_slug=agosto-2018-pdf&Itemid=3019>. Acesso em: 29 jul. 2020. Brasília, DF: MEC/INEP/DAEB, 2018b.

BRASIL. Ministério da Educação. Resolução CNE/CEB nº 3, de 21 de novembro de 2018. Atualiza as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 nov. 2018c, p. 21-24.

BRASIL. Ministério da Educação. Portaria nº 1.432, de 28 de dezembro de 2018. Estabelece os referenciais para a elaboração dos itinerários formativos conforme preveem as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31 dez. 2018d, p. 60 (replicado no Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 abr. 2019, p. 94-97).

BRASIL. Ministério da Educação. Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 abr. 2020a, p. 46-49.

BRASIL. Ministério da Educação. Diretoria de Avaliação da Educação Básica. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Brasil no PISA 2018**. Brasília: INEP/MEC, 2020b.

BROLEZZI, Antonio Carlos. **Criatividade e resolução de problemas**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2013.

BROLEZZI, Antonio Carlos. Criatividade, empatia e imaginação em Vygotsky: ideias para trabalhar com resolução de problemas em matemática. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 791-815, 2015.

BRUM, Wanderley Pivatto. Crise no ensino de matemática: amplificadores que potencializam o fracasso da aprendizagem. In: **Anais do VI Congresso Internacional de Ensino da Matemática**. Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2013, p. 1-10.

BRYANT, Sandra Lea. **Queensland Teachers' Conceptions of Creativity: a phenomenographic investigation**. 2014. 319 f. Thesis – Doctor of Philosophy – Faculty of Education – Queensland University of Technology, Queensland, Australia, 2014.

BURIASCO, Regina Luzia Corio; FERREIRA, Pamela Emanuelli Alves; CIANI, Andreia Büttner. Avaliação como prática de investigação: alguns depoimentos. **Bolema**, Rio Claro, n. 33, p. 69-96, 2009.

CACHIA, Romina; FERRARI, Anusca. **Creativity in schools: a survey of teachers in Europe**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010.

CAMARGO, Fausto; DAROS, Thuinie. **A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo**. Porto Alegre: Penso, 2018.

CARRILLO, José; CLIMENT, Nuria; CONTRERAS-GONZÁLEZ, Luis Carlos; MUÑOZ-CATALÁN, María Cinta. Determining specialized knowledge for mathematics teaching. In: **Proceedings of the 8th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME 8)**. Antalya, Turkey: Middle East Technical University, Ankara, 2013, p. 2895-2994.

CARRILLO, José *et al.* The Mathematics Teacher's Specialised Knowledge (MTSK) Model. **Research in Mathematics Education**, Reston, v. 20, n. 3, p. 236-256, 2018.

CARLTON, Lucia Virginia. **An analysis of the educational concepts of fourteen outstanding mathematicians, 1790-1940, in the areas of mental growth and development, creative thinking and symbolism and meaning**. 1959. Tese (Doutorado em Educação) – Northwestern University, Illinois, USA, 1959.

CARNEIRO, Vera Clotilde; FANTINEL, Patrícia C.; SILVA, Rute Henrique. Funções: significados circulantes na formação de professores. **Bolema**, Rio Claro, SP, v. 16, n. 19, 2003.

CARVALHO, Alexandre Tolentino. **Relações entre criatividade, desempenho escolar e clima para criatividade nas aulas de matemática de estudantes do 5º ano do ensino fundamental**. 2015. 132 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

CARVALHO, Alexandre Tolentino. **Criatividade compartilhada: do ato isolado ao solidário**. 2019. 359 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

CARVALHO, Oneide; ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano. Elementos favorecedores e inibidores da criatividade na prática docente segundo professores de Geografia. **Psico**, Porto Alegre, v. 35, n. 2, p. 213-221, 2004.

CASTRO, Júlia Soares Rosa; FLEITH, Denise de Souza. Criatividade escolar: relação entre tempo de experiência docente e tipo de escola. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 12, n.1, p. 101-118, 2008.

CHAN, David W.; CHAN, Lai-kwan. Implicit theories of creativity: teachers' perception of student characteristics in Hong Kong. **Creativity Research Journal**, v. 12, n.3, p. 185-195, 1999.

CHEMI, Tatiana; ZHOU, Chunfang. **Teaching creatively in higher education: bridging theory and practice**. Aalborg: Aalborg University Press, 2016, p. 1-37.

CHEN, Chuansheng; KASOF, Joseph; HIMSEL, Amy; DMITRIEVA, Julia; DONG, Qi; XUE, Gui. Effects of explicit instruction to “Be Creative” across domains and cultures. **Journal of Creative Behavior**, v. 39, n. 2, p. 89-110, 2005.

CHRISTOU, Constantinos; MOUSOULIDES, Nicholas; PITTALIS, Marios; PITTA-PANTAZI, Demetra; SRIRAMAN, Bharath. An empirical taxonomy of problem posing processes. **ZDM Mathematics Education**, Berlin-Heidelberg, v. 37, n. 3, p. 81-85, 2005.

CORTELAZZO, Angelo Luiz *et al.* **Metodologias ativas e personalizadas de aprendizagem: para refinar seu cardápio metodológico**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2018.

COSTA, Ildenice Lima; GONTIJO, Cleyton Hércules. Oficinas de criatividade: o desafio de inovar no ensino-aprendizagem da matemática. **REnCiMa - Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 12, n. 6, p. 1-21, 2021.

COSTA, Ildenice Lima; SILVA, Alessandra Lisboa; GONTIJO, Cleyton Hércules. Oficinas de criatividade em matemática: uma experiência nos anos iniciais. **Zetetiké**, Campinas, v. 29, 2021, <<https://doi.org/10.20396/zet.v29i00.8661902>>.

COUTINHO, Severino Collier. **Números Inteiros e Criptografia RSA**. Rio de Janeiro: SBM, 2014.

CRESWELL, John W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CROPLEY, Arthur J. Fostering creativity in the classroom: general principles. In: RUNCO, Mark A. (Ed.). **The Creativity Research Handbook**. Cresskill, NJ: Hampton Press, 1997, p. 83-114.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. Society, culture, and person: a systems view of creativity. In: STERNBERG, Robert J. (Ed.). **The Nature of Creativity: contemporary psychological perspectives**. New York: Cambridge University Press, 1988a, p. 325-339.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. Motivation and creativity: towards a synthesis of structural and energistic approaches to cognition. **New Ideas in Psychology**, v. 6, p. 159-176, 1988b.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. **Creativity: flow and the psychology of discovery and invention**. New York: HarperCollins, 1996.

CSIKSZENTMIHALYI, Mihaly. Implications of a systems perspective for the study of creativity. In: STERNBERG, Robert J. (Ed.). **Handbook of Creativity**. New York: Cambridge University Press, 1999, p. 313-335.

DACEY, John; CONKLIN, Wendy. **Creativity and the standards**. Huntington Beach, CA: Shell Education, 2013.

DAL PASQUALE JUNIOR, Marlon Luiz. **Criatividade e geração de ideias em atividades de modelagem matemática**. 2019. 195 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.

D'AMBROSIO, Beatriz Silva. Formação de professores de matemática para o século XXI: o grande desafio. **Pro-Posições**, Campinas, SP, v. 4, n. 1 [10], p. 35-41, 1993.

D'AMBROSIO, Ubiratan. **Educação Matemática: da teoria à prática**. Campinas, SP: Papirus, 2012.

DANTE, Luiz Roberto. **Incentivando a criatividade através da Educação Matemática**. 1980. 127 f. Tese (Doutorado em Psicologia Educacional – Ensino de Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 1980.

DANTE, Luiz Roberto. **Criatividade e resolução de problemas na prática educativa de matemática**. 1988. 192 f. Tese (Livre Docência em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1988.

DEVLIN, Keith. **O gene da matemática: o talento para lidar com números e a evolução do pensamento matemático**. Rio de Janeiro: Record, 2005.

DEVLIN, Keith. **O instinto matemático**. Rio de Janeiro: Record, 2009.

DI MARTINO, Pietro; MELLONE, Maria; RIBEIRO, Miguel. Interpretative Knowledge. In: LERMAN, S. (Ed.). **Encyclopedia of Mathematics Education**. Dordrecht: Springer International Publishing, 2019, p. 424-428.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Educação. **Currículo em Movimento da Educação Básica: pressupostos teóricos**. Brasília: SEEDF, 2014a.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Educação. **Currículo em Movimento da Educação Básica: ensino fundamental – anos finais**. Brasília: SEEDF, 2014b.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Educação. **Currículo em Movimento da Educação Básica: ensino médio**. Brasília: SEEDF, 2014c.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Educação. **Currículo em Movimento do Distrito Federal: ensino fundamental – anos iniciais e anos finais**. Brasília: SEEDF, 2018.

DISTRITO FEDERAL. Secretaria de Estado de Educação. **Currículo em Movimento das Escolas-Piloto do Novo Ensino Médio (2ª versão)**. Brasília: SEEDF, 2019.

DORIGO, Marcio. **Investigando as concepções de equação de um grupo de alunos do ensino médio**. 2010. 137 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Bandeirante de São Paulo, São Paulo, 2010.

DÖRR, Raquel Carneiro; MUNIZ, Cristiano Alberto. The mathematical knowledge of Calculus students and possible relations with evasion and failure. In: **13th International**

Congress on Mathematical Education – ICME-13. Comunicação científica. Hamburgo, Alemanha, 2016.

DÖRR, Raquel Carneiro; MUNIZ, Cristiano Alberto. Possíveis relações entre evasão e reprovação e os conhecimentos matemáticos anteriores de estudantes de Cálculo Diferencial e Integral. In: VIII CONGRESSO IBEROAMERICANO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA. **Anais [...]** Madri, Espanha, 2017.

DÖRR, Raquel Carneiro. **Análises de aprendizagens em Cálculo Diferencial e Integral:** um estudo de caso de desenvolvimento de conceitos e procedimentos algébricos em uma universidade pública brasileira. 2017. 237 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

DÖRR, Raquel Carneiro; LUTZ-WESTPHAL, Brigitte. Metodologias alternativas em sala de aula de matemática: as aprendizagens ativas, dialógicas e investigativas. In: NEVES, Regina da Silva Pina; DÖRR, Raquel Carneiro (Org.). **Cenários de Pesquisa em Educação Matemática.** Jundiaí: Paco, 2020, p. 15-43.

DÖRR, Raquel Carneiro. Dialogic learning as an alternative approach for mathematics classrooms. **Perspectivas da Educação Matemática**, Campo Grande, v. 14, n. 34, 2021, <<https://doi.org/10.46312/pem.v14i34.12777>>.

DRUCK, Suely. A crise no ensino de matemática no Brasil. **Revista do Professor de Matemática**, Rio de Janeiro, SBM, n. 53, p. 1-5, 2004.

DUNN, James A. Tests of creativity in mathematics. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, London, v. 6, n. 3, p. 327-332, 1975.

ELBAZ, Freema. **Teacher thinking:** a study of practical knowledge. London: Croom Helm, 1983.

ENGLISH, Lyn D. The development of fifth-grade children's problem-posing abilities. **Educational Studies in Mathematics**, Amsterdam, v. 34, n. 3, p. 183-217, 1997a.

ENGLISH, Lyn D. Development of seventh-grade student's problem-posing. In: **Annual Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education**, Finland, 1997b.

ERVYNCK, Gontran. Mathematical creativity. In: TALL, David (Ed.). **Advanced Mathematical Thinking.** New York: Kluwer Academic Publishers, 1991, p. 42-52.

FARIAS, Mateus Pinheiro. **Criatividade em matemática:** um modelo preditivo considerando a percepção de alunos do ensino médio acerca das práticas docentes, a motivação para aprender e o conhecimento em relação à matemática. 2015. 75 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

FERREIRA, Ana Cristina. Um olhar retrospectivo sobre a pesquisa brasileira em formação de professores de matemática. In: FIORENTINI, Dario (Org.). **Formação de Professores de**

Matemática: explorando novos caminhos com outros olhares. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2003, p. 19-50.

FERREIRA, Denise Helena Lombardo. Criatividade, tecnologia e modelagem matemática na sala de aula. **Revemat – Revista Eletrônica de Educação Matemática**, Florianópolis, v. 11, n. 2, p. 142-155, 2016.

FERREIRA, Norma Sandra de Almeida. As pesquisas denominadas "estado da arte". **Educação & Sociedade**, Campinas, CEDES, ano XXIII, v. 1, n. 79, p. 257-272, 2002.

FETTERLY, James M. **An exploratory study of the use of a problem-posing approach on pre-service elementary education teachers' mathematical creativity, beliefs, and anxiety**. 2010. 99 f. Doctoral Dissertation – Florida State University, School of Teacher Education, Tallahassee, USA, 2010.

FIorentini, Dario. Em busca de novos caminhos e de outros olhares na formação de professores de matemática. In: FIorentini, Dario (Org.). **Formação de Professores de Matemática:** explorando novos caminhos com outros olhares. Campinas, SP: Mercado de Letras, 2003, p. 7-16.

FIorentini, Dario. A formação matemática e didático-pedagógica nas disciplinas da licenciatura em matemática. **Revista de Educação**, PUC-Campinas, Campinas, n. 18, p. 107-115, 2005.

FIorentini, Dario; LOrenzato, Sergio. **Investigação em educação matemática:** percursos teóricos e metodológicos. Campinas, SP: Autores Associados, 2012.

FIorentini, Dario *et al.* Formação de professores que ensinam matemática: um balanço de 25 anos da pesquisa brasileira. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, UFMG, n. 36, p. 137-160, 2002.

FIorentini, Dario; OLIVEIRA, Ana Teresa de Carvalho Correa de. O lugar das matemáticas na licenciatura em matemática: que matemáticas e que práticas formativas? **Bolema**, Rio Claro, v. 27, n. 47, p. 917-938, 2013.

FIorentini, Dario *et al.* O professor que ensina matemática como campo de estudo: concepção do projeto de pesquisa. In: FIorentini, Dario; PASSOS, Cármen Lúcia Brancaglioni; LIMA, Rosana Catarina Rodrigues (Org.). **Mapeamento da pesquisa acadêmica brasileira sobre o professor que ensina matemática:** período 2001-2012. Campinas, SP: FE/Unicamp, 2016, p. 17-41.

FLEITH, Denise de Souza. Teacher and student perceptions of creativity in the classroom environment. **Roeper Review**, v. 22, n. 3, p. 148-153, 2000.

FLEITH, Denise de Souza; ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano. Escala sobre o clima para criatividade em sala de aula. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 85-91, 2005.

FLEITH, Denise de Souza; ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano. Percepção de alunos do ensino fundamental quanto ao clima de sala de aula para criatividade. **Psicologia em Estudo**, Maringá, v. 11, n. 3, p. 513-521, 2006.

FLEITH, Denise de Souza; ALMEIDA, Leandro Silva; PEIXOTO, Francisco José Brito. Validação da escala clima para criatividade em sala de aula. **Estudos de Psicologia**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 307-314, 2011.

FLEITH, Denise de Souza. The role of creativity in graduate education according to students and professors. **Estudos de Psicologia**, Campinas, v. 36, n.1, 2019, <<https://doi.org/10.1590/1982-0275201936e180045>>.

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FLOOD, Raymond; WILSON, Robin. **Os grandes matemáticos**: as descobertas e a propagação do conhecimento através das vidas dos grandes matemáticos. São Paulo: M. Books do Brasil, 2013.

FONSECA, Mateus Gianni. **Construção e validação de instrumentos de medida de criatividade no campo da matemática para estudantes concluintes da educação básica**. 2015. 104 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

FONSECA, Mateus Gianni. **Aulas baseadas em técnicas de criatividade**: efeitos na criatividade, motivação e desempenho em matemática com estudantes do ensino médio. 2019. 175 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

FONSECA, Mateus Gianni; GONTIJO, Cleyton Hércules. Pensamento crítico e criativo em matemática em diretrizes curriculares nacionais. **Ensino em Re-Vista**, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 956-978, 2020a.

FONSECA, Mateus Gianni; GONTIJO, Cleyton Hércules. Junho 2020. Infográfico: Oficinas de estímulo ao pensamento crítico e criativo em matemática de Gontijo. Disponível em: <<https://bit.ly/pensamentocriticoecriativoemmatematica>>. Acesso em: 18 set. 2020b.

FONSECA, Mateus Gianni; GONTIJO, Cleyton Hércules. Pensamento crítico e criativo em matemática: uma abordagem a partir de problemas fechados e problemas abertos. **Perspectivas da Educação Matemática**, Campo Grande, v. 14, n. 34, p. 1-18, 2021a.

FONSECA, Mateus Gianni; GONTIJO, Cleyton Hércules. **Estimulando a criatividade, motivação e desempenho em matemática: uma proposta para a sala de aula**. Curitiba: CRV, 2021b.

FOSTER, John. An exploratory attempt to assess creative ability in mathematics. **Primary Teacher**, New Dehli, v. 8, n. 2, p. 2-8, 1970.

FRANCO, Maria Laura Puglisi Barbosa. **Análise de Conteúdo**. Campinas: Autores Associados, 2018.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2015.

FREITAS, Maria Teresa Menezes *et al.* O desafio de ser professor de matemática hoje no Brasil. In: FIORENTINI, Dario; NACARATO, Adair Mendes (Org.). **Cultura, formação e desenvolvimento profissional de professores que ensinam matemática**: investigando e teorizando a partir da prática. São Paulo: Musa, 2005, p. 89-105.

FRENKEL, Edward. **Amor e Matemática**: o coração da realidade escondida. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2014.

GAMBOA, Silvio Sánchez. **Pesquisa em Educação**: métodos e epistemologias. Chapecó: Argos, 2007.

GARCÍA, Carlos Marcelo. A formação de professores: centro de atenção e pedra de toque. In: NÓVOA, António (Org.). **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1995.

GARCÍA, Carlos Marcelo. **Formação de professores**: para uma mudança educativa. Porto: Porto Editora, 1999.

GATTI, Bernardete Angelina. **Formação de professores para o ensino fundamental**: estudo de currículos das licenciaturas em Pedagogia, Língua Portuguesa, Matemática e Ciências Biológicas. São Paulo: FCC/DPE, 2009.

GATTI, Bernardete Angelina. Formação inicial de professores para a educação básica: pesquisas e políticas educacionais. **Estudos em Avaliação Educacional**, São Paulo, v. 25, n. 57, p. 24-54, 2014.

GATTI, Bernardete Angelina. Formação de professores, complexidade e trabalho docente. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 17, n. 53, p. 721-737, 2017.

GATTI, Bernardete Angelina *et al.* **Análises pedagógico-curriculares para os cursos de licenciatura vinculados às áreas de Artes, Biologia, História, Língua Portuguesa, Matemática e Pedagogia no âmbito da UAB e Parfor**. Documento técnico. Brasília: UNESCO/MEC/CAPES, 2012.

GATTI, Bernardete Angelina; BARRETO, Elba Siqueira de Sá; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso; ALMEIDA, Patrícia Cristina Albieri. **Professores do Brasil**: novos cenários de formação. Brasília: UNESCO, 2019.

GAUTHIER, Clermont; TARDIF, Maurice (Org.). **A pedagogia**: teorias e práticas da Antiguidade aos nossos dias. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

GIRALDI, Olga Cristina Penetra. **Um estudo sobre a criatividade em um ambiente de aprendizagem de modelagem matemática**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

GLĂVEANU, Vlad Petre. Paradigms in the study of creativity: introducing the perspective of cultural psychology. **New Ideas in Psychology**, v. 28, n. 1, p. 79-93, 2010.

GLĂVEANU, Vlad Petre. Rewriting the language of creativity: the five A's framework. **Review of General Psychology**, v. 17, n. 1, p. 69-81, 2013.

GONTIJO, Cleyton Hércules. Resolução e formulação de problemas: caminhos para o desenvolvimento da criatividade em matemática. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 1., 2006, Recife. **Anais...** Recife, Programa de Pós-Graduação em Educação – Centro de Educação – Universidade Federal de Pernambuco, 2006a.

GONTIJO, Cleyton Hércules. Estratégias para o desenvolvimento da criatividade em matemática. **Linhas Críticas**, Brasília, v. 12, n. 23, p. 229-244, 2006b.

GONTIJO, Cleyton Hércules. **Relações entre criatividade, criatividade em matemática e motivação em matemática de alunos do ensino médio**. 2007. 194 f. Tese (Doutorado em Psicologia) – Instituto de Psicologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2007a.

GONTIJO, Cleyton Hércules. Criatividade em matemática: identificação e promoção de talentos criativos. **Revista Educação**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 481-494, 2007b.

GONTIJO, Cleyton Hércules. Criatividade em matemática: um olhar sob a perspectiva de sistemas. **Zetetiké**, Campinas, SP, v. 15, n. 28, p. 153-172, 2007c.

GONTIJO, Cleyton Hércules. Criatividade em matemática: conceitos, metodologias e formas de avaliação. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 10., 2010, Salvador, BA. **Anais... X ENEM**, 2010.

GONTIJO, Cleyton Hércules. Técnicas de criatividade para estimular o pensamento matemático. **Educação e Matemática**, Lisboa, v. 135, p. 16-20, 2015.

GONTIJO, Cleyton Hércules. Mathematics Education and Creativity: a point of view from the systems perspective on creativity. In: AMADO, Nélia; CARREIRA, Susana; JONES, Keith (Eds.). **Broadening the Scope of Research on Mathematical Problem Solving: a focus on technology, creativity and affect**. Springer: Cham, 2018, p. 375-386.

GONTIJO, Cleyton Hércules. **Criatividades(s) em matemática: bases teóricas e aplicações pedagógicas** [Canal do Grupo PI Brasília]. YouTube. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=6sRkhq16wbM>>. Acesso em: 18 set. 2020.

GONTIJO, Cleyton Hércules; CARVALHO, Alexandre Tolentino; FONSECA, Mateus Gianni; FARIAS, Mateus Pinheiro. **Criatividade em matemática: conceitos, metodologias e avaliação**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2019.

GONTIJO, Cleyton Hércules; FLEITH, Denise de Souza. Motivação e criatividade em matemática: um estudo comparativo entre alunas e alunos de ensino médio. **ETD – Educação Temática Digital**, Campinas, v. 10, n. especial, p. 147-167, 2009.

GONTIJO, Cleyton Hércules; FLEITH, Denise de Souza. Avaliação da criatividade em matemática. In: ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano; BRUNO-FARIA, Maria de Fátima;

FLEITH, Denise de Souza (Org.). **Medidas de criatividade**: teoria e prática. Porto Alegre: Artmed, 2010, p. 91-111.

GONTIJO, Cleyton Hércules; FONSECA, Mateus Gianni (Org.). **Criatividade em matemática**: lições de pesquisa. Curitiba: CRV, 2020a.

GONTIJO, Cleyton Hércules; FONSECA, Mateus Gianni. O lugar do pensamento crítico e criativo na formação de professores que ensinam matemática. **RBECM - Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, Passo Fundo, v. 3, n. 3, p. 732-747, 2020b.

GONTIJO, Cleyton Hércules; FONSECA, Mateus Gianni. Oficinas de pensamento crítico e criativo na formação docente em matemática: uma experiência com estudantes do Pibid. **Revista Paradigma**, vol. XLIII, Edición Temática n. 1, p. 318-341, 2022.

GONTIJO, Cleyton Hércules; FONSECA, Mateus Gianni; CARVALHO, Alexandre Tolentino; BEZERRA, Wesley Well Vicente. Criatividade em matemática: alguns elementos históricos na constituição do campo de pesquisa e de intervenção pedagógica. **REnCiMa - Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 12, n. 5, p. 1-24, 2021.

GONTIJO, Cleyton Hércules; SILVA, Erondina Barbosa; CARVALHO, Rosália Policarpo Fagundes. A criatividade e as situações didáticas no ensino e aprendizagem da matemática. **Linhas Críticas**, Brasília, v. 18, n. 35, p. 29-46, 2012.

GRALEWSKI, Jacek. Teachers' beliefs about creativity and possibilities for its development in polish high schools: a qualitative study. **Creativity – theories, research, applications**, v.3, n. 2, p. 292-329, 2016.

GRANDO, Regina Célia. **O jogo e a matemática no contexto da sala de aula**. São Paulo: Paulus, 2004.

GREBOT, Guy; GASPAR, Maria Terezinha Jesus; DÖRR, Raquel Carneiro. Experiências matemáticas e experiências com alunos na formação de professores: desdobramentos do programa PIBD/MAT da Universidade de Brasília. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 7., 2013, Montevideu. **Actas... VII CIAEM**, 2013.

GROHMAN, Magdalena G.; SZMIDT, Krzysztof J. Teaching for creativity: how to shape creative attitudes in teachers and in students. In: GREGERSON, M. B.; SNYDER, H. T.; KAUFMAN, J. C. (Ed.). **Teaching creatively and teaching creativity**. New York: Springer, 2013, p. 15-35.

GUILFORD, Joy Paul. Creativity. **American Psychologist**, Washington, DC, v. 5, n. 9, p. 444-454, 1950.

GUILFORD, Joy Paul. **Creativity, intelligence, and their educational implications**. San Diego, CA: Knapp, 1968.

HADAMARD, Jacques W. **The psychology of invention in the mathematical field**. New York: Dover Publications, 1945.

HARPEN, Xianwei Y. Van; SRIRAMAN, Bharath. Creativity and mathematical problem posing: an analysis of high school students' mathematical problem posing in China and the USA. **Educational Studies in Mathematics**, Amsterdam, v. 82, n. 2, p. 201-221, 2013.

HASHIMOTO, Yoshihiko. The methods of fostering creativity through mathematical problem solving. **ZDM Mathematics Education**, Berlin-Heidelberg, v. 29, n. 3, p. 86-87, 1997.

HAYLOCK, Derek W. **Aspects of mathematical creativity in children aged 11-12**. 1984. Doctoral Dissertation – Chelsea College, University of London, England, 1984.

HAYLOCK, Derek W. Conflicts in the assessment and encouragement of mathematical creativity in schoolchildren. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, London, v. 16, n. 4, p. 547-553, 1985.

HAYLOCK, Derek W. Mathematical creativity in schoolchildren. **The Journal of Creative Behavior**, v. 21, p. 48-59, 1986.

HAYLOCK, Derek W. A framework for assessing mathematical creativity in schoolchildren. **Educational Studies in Mathematics**, Amsterdam, v. 18, n. 1, p. 59-74, 1987.

HAYLOCK, Derek W. Recognising mathematical creativity in schoolchildren. **ZDM Mathematics Education**, Berlin-Heidelberg, v. 29, n. 3, p. 68-74, 1997.

HELFAND, Max; KAUFMAN, James C.; BEGHETTO, Ronald A. The Four-C Model of Creativity: culture and context. In: GLĂVEANU, Vlad Petre (Ed.). **The Palgrave Handbook of Creativity and Culture Research**. London: Palgrave Macmillan, 2016, p. 15-36.

HENNESSEY, Beth A. The social psychology of creativity. **Scandinavian Journal of Educational Research**, v. 47, n. 3, p. 253-271, 2003.

IMBERNÓN, Francisco. **Formação permanente do professorado: novas tendências**. São Paulo: Cortez, 2009.

IMBERNÓN, Francisco. **Formação continuada de professores**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

IVIE, Stanley D. The Legacy of William James. **Journal of Thought**, v. 41, n. 4, p. 117-136, 2006.

JAKOBSEN, Arne; RIBEIRO, Miguel; MELLONE, Maria. Norwegian prospective teachers' MKT when interpreting pupils' productions on a fraction task. **Nordic Studies in Mathematics Education**, Aarhus, v. 19, n. 3-4, p. 135-150, 2014.

JEFFREY, Bob; CRAFT, Anna. Teaching creatively and teaching for creativity: distinctions and relationships. **Educational Studies**, v. 30, p. 77-87, 2004.

JENSEN, Linda Rae. The relationships among mathematical creativity, numerical aptitude, and mathematical achievement. 1973. 136 f. PhD Thesis – Faculty of the Graduate School, University of Texas, Austin, EUA, 1973.

KANDEMIR, Mehmet Ali; TEZCI, Erdogan; SHELLEY, Mack; DEMIRLI, Cihad. Measurement of creative teaching in mathematics class. **Creativity Research Journal**, v. 31, n. 3, p. 272-283, 2019.

KANDEMIR, Mehmet Ali; GÜR, Hülya. Creativity training in problem solving: a model of creativity in mathematics teacher education. **New Horizons in Education**, v. 55, n. 3, p. 107-122, 2007.

KATTOU, Maria; KONTOYIANNI, Katerina; CHRISTOU, Constantinos. Mathematical creativity through teachers' perceptions. In: TZEKAKI, M.; KALDRIMIDOU, M.; SAKONIDIS, H. (Ed). **Proceedings of the 33rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education**. Thessaloniki, Greece: PME, 2009, v. 3, p. 297-304.

KATTOU, Maria; KONTOYIANNI, Katerina; PITTA-PANTAZI, Demetra; CHRISTOU, Constantinos. Does mathematical creativity differentiate mathematical ability? In: **VII Congress of the European Society for Research in Mathematics Education**, University of Rzeszow, Poland, 2011.

KATTOU, Maria; KONTOYIANNI, Katerina; PITTA-PANTAZI, Demetra; CHRISTOU, Constantinos. Connecting mathematical creativity to mathematical ability. **ZDM Mathematics Education**, Berlin-Heidelberg, v. 45, n. 4, p. 167-181, 2013.

KAUFMAN, James C.; PLUCKER, Jonathan A.; BAER, John. **Essentials of creativity assessment**. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2008.

KETTLER, Todd; LAMB, Kristen N.; WILLERSON, Amy; MULLET, Dianna R. Teachers' perceptions of creativity in the classroom. **Creativity Research Journal**, v. 30, n. 2, p. 164-171, 2018.

KIM, Hongwon; CHO, Seokhee; AHN, Doehee. Development of mathematical creative problem-solving ability test for identification of the gifted in math. **Gifted Education International**, v. 18, n. 2, p. 164-174, 2003.

KLIN, Morris. **O fracasso da matemática moderna**. São Paulo: Ibrasa, 1976.

KOZBELT, Aaron; BEGHETTO, Ronald A.; RUNCO, Mark A. Theories of Creativity. In: KAUFMAN, James C.; STERNBERG, Robert J. (Ed.). **The Cambridge Handbook of Creativity**. New York: Cambridge University Press, 2010, p. 20-47.

KOZLOWSKI, Joseph S.; CHAMBERLIN, Scott A.; MANN, Eric Louis. Factors that influence mathematical creativity. **The Mathematics Enthusiast**, v. 16, n.1, p. 505-540, 2019.

KRUTETSKII, Vadim Andreevich. **The psychology of mathematical abilities in schoolchildren**. Chicago: University of Chicago Press, 1976.

KWON, Oh Nam; PARK, Jung Sook; PARK, Jee Hyun. Cultivating divergent thinking in mathematics through an open-ended approach. **Asia Pacific Education Review**, Seoul, v. 7, n. 1, p. 51-61, 2006.

LEE, Kang Sup; HWANG, Dong-Jou; SEO, Jong Jin. A development of the test for mathematical creative problem-solving ability. **Journal of the Korea Society of Mathematical Education**, Seoul, v. 7, n. 3, p. 163-189, 2003.

LEIKIN, Roza. Exploring mathematical creativity using multiple solution tasks. In: LEIKIN, Roza; BERMAN, Abraham; KOICHU, Boris (Ed.). **Creativity in mathematics and the education of gifted students**. Rotterdam: Sense Publishers, 2009, p. 129-135.

LEIKIN, Roza; PITTA-PANTAZI, Demetra. Creativity and mathematics education: the state of the art. **ZDM Mathematics Education**, Berlin-Heidelberg, v. 45, n. 4, p. 159-166, 2013.

LEIKIN, Roza; SUBOTNIK, Rena; PITTA-PANTAZI, Demetra; SINGER, Florence Mihaela; PELCZER, Ildiko. Teachers' views on creativity in mathematics education: an international survey. **ZDM Mathematics Education**, Berlin-Heidelberg, v. 45, n. 4, p. 309-324, 2013.

LESTER JR., Frank K. Thoughts about research on mathematical problem-solving instruction. **The Mathematics Enthusiast**, Montana, v. 10, n. 1-2, p. 245-278, 2013.

LESTER JR., Frank K.; CAI, Jinfa. Can mathematical problem solving be taught? Preliminary answers from 30 years of research. In: FELMER, P.; PEHKONEN, E.; KILPATRICK, J. (Ed.). **Posing and solving mathematical problems**. Springer: Cham, 2016, p. 117-135.

LEU, Yuh-Chyn; CHIU, Mei-Shiu. Creative behaviours in mathematics: relationships with abilities, demographics, affects and gifted behaviours. **Thinking Skills and Creativity**, v. 16, p. 40-50, 2015.

LEUNG, Shukkwan S. On the role of creative thinking in problem posing. **ZDM Mathematics Education**, v. 29, n. 3, p. 81-85, 1997.

LEV-ZAMIR, Hana; LEIKIN, Roza. Creative mathematics teaching in the eye of the beholder: focusing on the teachers' conceptions. **Research in Mathematics Education**, v. 13, n. 1, p. 17-32, 2011.

LEV-ZAMIR, Hana; LEIKIN, Roza. Saying *versus* doing: teachers' conceptions of creativity elementary mathematics teaching. **ZDM Mathematics Education**, Berlin-Heidelberg, v. 45, n. 4, p. 295-308, 2013.

LILJEDAHN, Peter. Mathematical creativity: in the words of the creators. In: **Proceedings of the 5th International Conference on Creativity in Mathematics and the Education of**

Gifted Students, Haifa, Israel: MCG – International Group for Mathematical Creativity and Giftedness, 2008, p. 153-159.

LIMA, Elon Lages. Conceituação, manipulação e aplicações: os três componentes do ensino da matemática. **Revista do Professor de Matemática**, n. 41, p. 1-6, 1999.

LIMA, Elon Lages; CARVALHO, Paulo Cezar Pinto; WAGNER, Eduardo; MORGADO, Augusto César. **A Matemática do Ensino Médio**, volume 1. Rio de Janeiro: SBM, 2016.

LIMA, Valeria Scomparim. **Solução de problemas: habilidades matemáticas, flexibilidade de pensamento e criatividade**. 2001. 158 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

LINELL, Per. **Rethinking language, mind, and world dialogically: interactional and contextual theories of human sense-making**. Charlotte, NC: Information Age Publishing Inc., 2009.

LIVNE, Nava L.; MILGRAM, Roberta M. Assessing four levels of creative mathematical ability in Israeli adolescents utilizing out-of-school activities: a circular three-stage technique. **Roeper Review**, Lawrenceville, NJ, v. 22, n. 2, p. 111-116, 2000.

LIVNE, Nava L.; MILGRAM, Roberta M. Academic *versus* creative abilities in mathematics: two components of the same construct? **Creativity Research Journal**, v. 18, n. 2, p. 199-212, 2006.

LIVNE, Nava L.; LIVNE, Oren E.; MILGRAM, Roberta M. Assessing academic and creative abilities in mathematics at four levels of understanding. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, London, v. 30, n. 2, p. 227-243, 1999.

LOPES, Gabriela Lucheze de Oliveira. **A criatividade matemática de John Wallis na obra *Arithmetica Infinitorum*: contribuições para o ensino de Cálculo Diferencial e Integral na licenciatura em matemática**. 2017. 198 f. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

LORENZATO, Sergio. **Para aprender Matemática**. Campinas, SP: Autores Associados, 2006.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli Eliza Dalmazo Afonso. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. Rio de Janeiro: E. P. U., 2018.

LUTZ-WESTPHAL, Brigitte. Levando autenticidade à sala de aula de matemática. In: NEVES, Regina da Silva Pina; DÖRR, Raquel Carneiro (Org.). **Formação de Professores de Matemática: desafios e perspectivas**. Curitiba: Appris, 2019, p. 121-134.

MACHADO, Nílson José. **Matemática e Educação: alegorias, tecnologias, jogo, poesia**. São Paulo: Cortez, 2012.

MANN, Eric Louis. **Mathematical creativity and school mathematics: indicators of mathematical creativity in middle school students**. 2005. 120 f. Doctoral Dissertation – University of Connecticut, Storrs, CT, USA, 2005.

MANN, Eric Louis. Creativity: the essence of mathematics. **Journal for the Education of the Gifted**, Waco, TX, v. 30, n. 2, p. 236-260, 2006.

MANN, Eric Louis. The search for mathematical creativity: identifying creative potential in middle school students. **Creative Research Journal**, London, v. 21, n. 4, p. 338-348, 2009.

MANRIQUE, Ana Lúcia. Licenciatura em matemática: formação para a docência x formação específica. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 11, n. 3, p. 515-534, 2009.

MARIANI, Maria de Fátima Magalhães; ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano. Criatividade no trabalho docente segundo professores de História: limites e possibilidades. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 9, n. 1, p. 27-35, 2005.

MARKOVÁ, Ivana. **Dialogicidade e representações sociais: as dinâmicas da mente**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2006.

MARTÍNEZ, Albertina Mitjáns. A criatividade na escola: três direções de trabalho. **Linhas Críticas**, Brasília, v. 8, n. 15, p. 189-206, 2002.

MARTINS, Úgna Pereira. **Matemática: que bicho papão é esse?** 1999. 203 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Instituto de Educação, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 1999.

MATUSOV, Eugene. **Journey into dialogic pedagogy**. New York: Nova Science, 2009.

MENDES, Iran Abreu. Cognição e criatividade na investigação em História da Matemática: contribuições para a Educação Matemática. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 1, p. 185-204, 2013.

MENEZES, Josinalva Estacio; BRAGA, Maria Dalvirene; SEIMETZ, Rui. A formação de licenciandos em matemática com o ensino mediado pelas TDIC: visões estudantis e perspectivas profissionais. In: NEVES, Regina da Silva Pina; DÖRR, Raquel Carneiro (Org.). **Formação de Professores de Matemática: desafios e perspectivas**. Curitiba: Appris, 2019, p. 105-119.

MENTALIDADES MATEMÁTICAS. **Saeb 2019: apenas 5% dos alunos saem da escola sabendo matemática**. 2021. Disponível em: <https://mentalidadesmatematicas.org.br/saeb-2019-apenas-5-dos-alunos-saem-da-escola-sabendo-matematica/>. Acesso em: 26 fev. 2021.

MIGUEL, Antonio; MIORIM, Maria Ângela. **História na Educação Matemática: propostas e desafios**. Belo Horizonte: Autêntica, 2017.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em Saúde**. São Paulo: Hucitec, 2002.

- MIRANDA, Lúcia C.; MORAIS, Maria de Fátima. Criatividade e motivação: um estudo exploratório em docentes. **Revista de Estudios e Investigación en Psicología y Educación**, v. 6, n. 2, p. 114-125, 2019.
- MIZUKAMI, Maria das Graças Nicoletti. Aprendizagem da docência: conhecimento específico, contextos e práticas pedagógicas. In: NACARATO, Adair Mendes; PAIVA, Maria Auxiliadora Vilela (Org.). **A Formação do Professor que Ensina Matemática**: perspectivas e pesquisas. Belo Horizonte: Autêntica, 2008, p. 213-231.
- MOREIRA, Geraldo Eustáquio. Tendências em Educação Matemática com enfoque na atualidade. In: NEVES, Regina da Silva Pina; DÖRR, Raquel Carneiro (Org.). **Formação de Professores de Matemática**: desafios e perspectivas. Curitiba: Appris, 2019, p. 45-64.
- MOREIRA, Plínio Cavalcanti. 3 + 1 e suas (In)Variantes: reflexões sobre as possibilidades de uma nova estrutura curricular na licenciatura em matemática. **Bolema**, Rio Claro, SP, v. 26, n. 44, p. 1137-1150, 2012.
- MOREIRA, Plínio Cavalcanti; DAVID, Maria Manuela Martins Soares. Matemática escolar, matemática científica, saber docente e formação de professores. **Zetetiké**, Campinas, v. 11, n. 19, p. 57-80, 2003.
- MOREIRA, Plínio Cavalcanti; DAVID, Maria Manuela Martins Soares. O conhecimento matemático do professor: formação e prática docente na escola básica. **Revista Brasileira de Educação**, n. 28, p. 50-62, 2005.
- MOREIRA, Plínio Cavalcanti; DAVID, Maria Manuela Martins Soares. **A formação matemática do professor**: licenciatura e prática docente escolar. Belo Horizonte: Autêntica, 2010.
- MOREIRA, Plínio Cavalcanti; FERREIRA, Ana Cristina. O lugar da matemática na licenciatura em matemática. **Bolema**, Rio Claro, SP, v. 27, n. 47, p. 981-1005, 2013.
- MORIEL JUNIOR, Jeferson Gomes; CARRILLO, José. Explorando indícios de conhecimento especializado para ensinar matemática com o modelo MTSK. In: GONZÁLEZ, M. T.; CODES, M.; ARNAU, D.; ORTEGA, T. (Ed.). **Investigación en Educación Matemática XVIII**. Salamanca: SEIEM, 2014, p. 465-474.
- MOSER, Fernanda. **O uso de desafios**: motivação e criatividade nas aulas de matemática. 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- MOURÃO, Renata Fernandes; MARTÍNEZ, Albertina Mitjás. A criatividade do professor: a relação entre o sentido subjetivo da criatividade e a pedagogia de projetos. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 10, n. 2, p. 263-272, 2006.
- MUNIZ, Cristiano Alberto. **Brincar e jogar**: enlances teóricos e metodológicos no campo da educação matemática. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2014.

NADJAFIKHAH, Mehdi; YAFTIAN, Narges. The frontage of creativity and mathematical creativity. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, Oxford, v. 90, p. 344-350, 2013.

NADJAFIKHAH, Mehdi; YAFTIAN, Narges; BAKHSHALIZADEH, Shahrnaz. Mathematical creativity: some definitions and characteristics. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, Oxford, v. 31, p. 285-291, 2012.

NAKANO, Tatiana de Cássia. Investigando a criatividade junto a professores: pesquisas brasileiras. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 13, n. 1, p. 45-53, 2009.

NAKANO, Tatiana de Cássia. Programas de treinamento em criatividade: conhecendo as práticas e resultados. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 15, n. 2, p. 311-322, 2011.

NAKANO, Tatiana de Cássia; WECHSLER, Solange Muglia. Criatividade: características da produção brasileira. **Avaliação Psicológica**, v. 6, n. 2, p. 261-273, 2007.

NARAYANAN, Selvi. A study on the relationship between creativity and innovation in teaching and learning methods towards students academic performance at private higher education institution, Malaysia. **International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences**, v. 7, Special Issue, p. 1-10, 2017.

NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS. **An agenda for action: recommendations for school mathematics in the 1980's**. Reston, VA: NCTM, 1980.

NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS. **Principles and standards for school mathematics**. Reston, VA: NCTM, 2000.

NERI JÚNIOR, Edilson dos Passos. **Atos e lugares de aprendizagem criativa em matemática**. 2019. 199 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino) – Programa de Pós-Graduação Criatividade e Inovação em Metodologias de Ensino Superior, Núcleo de Inovação e Tecnologias Aplicadas a Ensino e Extensão, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

NEVES, Regina da Silva Pina; DÖRR, Raquel Carneiro; NASCIMENTO, Ana Maria Porto. Expectativas de licenciandos sobre a docência em matemática. In: NEVES, Regina da Silva Pina; DÖRR, Raquel Carneiro (Org.). **Formação de Professores de Matemática: desafios e perspectivas**. Curitiba: Appris, 2019, p. 83-103.

NIU, Weihua; ZHOU, Zheng. Creativity in mathematics teaching: a chinese perspective. In: BEGHETTO, Ronald A.; KAUFMAN, James C. (Ed.). **Nurturing creativity in the classroom**. Cambridge: Cambridge University Press, 2016, p. 86-107.

NOGUEIRA, Jair Pinheiro. **Explorando a curiosidade e a criatividade como motivadores do interesse em matemática**. 2014. 127 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

NÓVOA, António. Formação de professores e profissão docente. In: NÓVOA, António (Org.). **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1995, p. 13-33.

NUNES, Célia Barros; COSTA, Manoel dos Santos; TALHER, Marianne Santos. As dimensões da criatividade no contexto da resolução de problemas matemáticos. **Ensino em Re-Vista**, Uberlândia, v. 26, n. especial, p. 1195-1216, 2019.

OLIVEIRA, Antonio Neres. **Projetos de conhecimento acoplados às tecnologias digitais para promover a criatividade em matemática**. 2016. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias da Educação, Porto Alegre, 2016.

OLIVEIRA, Edileusa Borges Porto; ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano. Características de professores criativos e de coordenadores que estimulam a criatividade docente. **Boletim da Academia Paulista de Psicologia**, v. 30, n. 79, p. 379-393, 2010.

OLIVEIRA, Zélia Maria Freire; ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano. Criatividade na formação e atuação do professor do curso de Letras. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 11, p. 223-237, 2007.

ONUCHIC, Lourdes de la Rosa. Ensino-aprendizagem de matemática através da resolução de problemas. In: BICUDO, Maria Aparecida Viggiani (Org.). **Pesquisa em Educação Matemática: concepções e perspectivas**. São Paulo: Editora Unesp, 1999, p. 199-218.

ONUCHIC, Lourdes de la Rosa; ALLEVATO, Norma Suely Gomes. Pesquisa em Resolução de Problemas: caminhos, avanços e novas perspectivas. **Bolema**, Rio Claro, v. 25, n. 41, p. 73-98, 2011.

ONUCHIC, Lourdes de la Rosa; ALLEVATO, Norma Suely Gomes. Novas reflexões sobre o ensino-aprendizagem de matemática através da resolução de problemas. In: BICUDO, Maria Aparecida Viggiani; BORBA, Marcelo de Carvalho (Org.). **Educação Matemática: pesquisa em movimento**. São Paulo: Cortez, 2012, p. 232-252.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **PISA 2021 Creative Thinking Framework: third draft**. Paris: OECD, 2019.

OTAVIANO, Alessandra Barbosa Nunes; ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano; FUKUDA, Cláudia Cristina. Estímulo à criatividade por professores de matemática e motivação do aluno. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 16, n. 1, p. 61-69, 2012.

PAIS, Luiz Carlos. **Ensinar e aprender matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2013.

PAIVA, Maria Auxiliadora Vilela. O professor de matemática e sua formação: a busca da identidade profissional. In: NACARATO, Adair Mendes; PAIVA, Maria Auxiliadora Vilela (Org.). **A Formação do Professor que Ensina Matemática: perspectivas e pesquisas**. Belo Horizonte: Autêntica, 2008, p. 89-111.

PALMA, Rafael Montenegro. **Manifestações da criatividade em modelagem matemática nos anos iniciais**. 2019. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2019.

PANAOURA, Areti; PANAOURA, Georgia. Teachers' awareness of creativity in mathematical teaching and their practice. **IUMPST - Issues in the Undergraduate Mathematics Preparation of School Teachers**, v. 4, p. 1-11, 2014.

PAZUCH, Vinícius; RIBEIRO, Alessandro Jacques. Conhecimento profissional de professores de matemática e o conceito de função: uma revisão de literatura. **Educação Matemática Pesquisa**, v. 19, p. 465-496, 2017.

PELCZER, Ildiko. Problem posing in the classroom and its relation to mathematical creativity and giftedness. In: **11th International Congress on Mathematics Education**, 11., TG6: Activities and Programs for Gifted Students, 2008, Monterrey.

PEREIRA, Emanuelli. **A modelagem matemática e suas implicações para o desenvolvimento da criatividade**. 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

PEREZ, Geraldo. Formação de professores de matemática sob a perspectiva do desenvolvimento profissional. In: BICUDO, Maria Aparecida Viggiani (Org.). **Pesquisa em Educação Matemática: concepções e perspectivas**. São Paulo: Editora Unesp, 1999, p. 263-282.

PEREZ, Geraldo. Prática reflexiva do professor de matemática. In: BICUDO, Maria Aparecida Viggiani; BORBA, Marcelo de Carvalho (Org.). **Educação Matemática: pesquisa em movimento**. São Paulo: Cortez, 2012, p. 272-286.

PÉREZ-GÓMEZ, Ángel Ignacio. O pensamento prático do professor: a formação do professor como profissional reflexivo. In: NÓVOA, António (Org.). **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1995.

PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

PINHO, José Luiz Rosas; MORETTI, Mércles Thadeu. Estimulando a criatividade em matemática em sala de aula através da formulação e resolução de problemas em geometria. **Rematec**, n. 28, p. 55-67, 2018.

PITTA-PANTAZI, Demetra; SOPHOCLEOUS, Paraskevi; CHRISTOU, Constantinos. Spatial visualizers, object visualizers and verbalizers: their mathematical creative abilities. **ZDM Mathematics Education**, Berlin-Heidelberg, v. 45, p. 199-213, 2013.

PITTALIS, Marios; CHRISTOU, Constantinos; MOUSOULIDES, Nicholas; PITTA-PANTAZI, Demetra. A structural model for problem posing. In: **Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education**, Bergen, Norway, 2004, v. 4, p. 49-56.

PLUCKER, Jonathan A.; BEGHETTO, Ronald A. Why creativity is domain general, why it looks specific, and why the distinction does not matter. **Creativity: from potential to realization**, p. 153-167, 2004.

PLUCKER, Jonathan A.; BEGHETTO, Ronald A.; DOW, Gayle T. Why isn't creativity more important to educational psychologists? Potentials, pitfalls, and future directions in creativity research. **Educational Psychologist**, v. 39, n. 2, p. 83-96, 2004.

POLYA, George. **A arte de resolver problemas**: um novo aspecto do método matemático. Rio de Janeiro: Interciência, 2006.

POLYA, George. Dez mandamentos para professores. **Revista do Professor de Matemática**, Rio de Janeiro, SBM, n. 10, p. 2-10, 1987.

PONTE, João Pedro. Da formação ao desenvolvimento profissional. In: Encontro Nacional de Professores de Matemática – ProfMat 98, 1998, Guimarães. **Actas...** Lisboa: APM, 1998, p. 27-44.

PONTE, João Pedro; BROCARD, Joana; OLIVEIRA, Hélia. **Investigações matemáticas na sala de aula**. Belo Horizonte: Autêntica, 2019.

PONTES, Edel Alexandre Silva. A matemática na educação infantil: um olhar educacional sob a ótica da criatividade. **Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 5, n. 2, p. 1166-1176, 2020.

POSAMENTIER, Alfred S.; KRULIK, Stephen. **A arte de motivar os estudantes do ensino médio para a matemática**. Porto Alegre: AMGH, 2014.

PROENÇA, Marcelo Carlos. **Resolução de Problemas**: encaminhamentos para o ensino e a aprendizagem de matemática em sala de aula. Maringá: Eduem, 2018.

PROENÇA, Marcelo Carlos. Resolução de Problemas: uma proposta de organização do ensino para a aprendizagem de conceitos matemáticos. **Revista de Educação Matemática**, São Paulo, v. 18, p. 1-14, 2021.

RENZULLI, Joseph S. A general theory for the development of creative productivity through the pursuit of ideal acts of learning. **Gifted Child Quarterly**, v. 36, n. 4, p. 170-192, 1992.

REZENDE, Wanderley Moura. **O ensino de Cálculo**: dificuldades de natureza epistemológica. 2003. 450 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

RHODES, Mel. An analysis of creativity. **Phi Delta Kappan**, v. 42, n. 7, p. 305-311, 1961.

RIBEIRO, Alessandro Jacques. **Equação e seus multisignificados no ensino de matemática: contribuições de um estudo epistemológico**. 2007. 142 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.

RIBEIRO, Alessandro Jacques. Equação e conhecimento matemático para o ensino: relações e potencialidades para a educação matemática. **Bolema**, Rio Claro, SP, v. 26, n. 42B, p. 535-557, 2012.

RIBEIRO, Alessandro Jacques; CURY, Helena Noronha. **Álgebra para a formação do professor**: explorando os conceitos de equação e de função. Belo Horizonte: Autêntica, 2015.

RIBEIRO, Alessandro Jacques; MACHADO, Silvia Dias Alcântara. Equação e seus multissignificados: potencialidades para a construção do conhecimento matemático. **Zetetiké**, Campinas, SP, v. 17, n. 31, p. 109-128, 2009.

RIBEIRO, Alessandro Jacques; PONTE, João Pedro. Professional learning opportunities in a practice-based teacher education program about the concept of function. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 21, n. 2, p. 49-74, 2019.

RIBEIRO, Miguel; MELLONE, Maria; JAKOBSEN, Arne. Characterizing prospective teachers' knowledge in/for interpreting students' solutions. In: Proceedings of the 37th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (PME 37). **Anais...** Kiel, Germany: PME, 2013, v. 4, p. 89-96.

RIBEIRO, Rejane Arruda; FLEITH, Denise de Souza. O estímulo à criatividade em cursos de licenciatura. **Paidéia**, v. 17, n. 38, p. 403-416, 2007.

ROBINSON, Ken. **Somos todos criativos**: os desafios para desenvolver uma das principais habilidades do futuro. São Paulo, Benvirá, 2019.

ROBINSON, Ken; ARONICA, Lou. **Escolas criativas**: a revolução que está transformando a educação. Porto Alegre: Penso, 2019.

RODRIGUES, Aldina Conceição; CATARINO, Paula Maria Machado Cruz; AIRES, Ana Paula Florêncio; CAMPOS, Helena Maria Barros. Concepções de criatividade matemática: um estudo de caso no 3º ciclo do ensino básico português. **Comunicações**, Piracicaba, v. 27, n. 1, p. 111-133, 2020.

RODRIGUES, Luciana Maria Dias de Ávila; MARÇAL, Thais Regina Duarte. Ensino Remoto: o uso das tecnologias como ferramentas de ensino e aprendizagem no ensino do Cálculo Diferencial e Integral. In: NERY, Érica Santana Silveira; SILVA, Janaína Mendes Pereira; PEREIRA, Marcus Vinícius (Org.). **Educação Matemática**: atuações, desafios e possibilidades em diferentes contextos. São Paulo, SP: Livraria da Física, 2021, p. 39-56.

RODRIGUES, Márcio Urel. Possibilidades da Análise de Conteúdo para a área da Educação Matemática. In: RODRIGUES, Márcio Urel (Org.). **Análise de Conteúdo em pesquisas qualitativas na área da Educação Matemática**. Curitiba: CRV, 2019a, p.11-18.

RODRIGUES, Márcio Urel. Contextualizando a Análise de Conteúdo como procedimento de análise de dados em pesquisas qualitativas. In: RODRIGUES, Márcio Urel (Org.). **Análise de Conteúdo em pesquisas qualitativas na área da Educação Matemática**. Curitiba: CRV, 2019b, p. 21-34.

RODRIGUES, Márcio Urel. Movimento da Análise de Conteúdo em questionários qualitativos. In: RODRIGUES, Márcio Urel (Org.). **Análise de Conteúdo em pesquisas qualitativas na área da Educação Matemática**. Curitiba: CRV, 2019c, p. 35-48.

ROLDÃO, Maria do Céu. Função docente: natureza e construção do conhecimento profissional. **Revista Brasileira de Educação**, v. 12, n. 34, p. 94-103, 2007.

ROMANOWSKI, Joana Paulin; ENS, Romilda Teodora. As pesquisas denominadas do tipo "estado da arte" em Educação. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 6, n. 19, p. 37-50, 2006.

ROONEY, Anne. **A História da Matemática**: desde a criação das pirâmides até a exploração do infinito. São Paulo: M. Books do Brasil, 2012.

ROSA, Erica Aparecida Capasio. **Escolas inovadoras e criativas e inclusão escolar**: um estudo em Educação Matemática. 2019. 298 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2019.

RUBENSTEIN, Lisa DaVia; MCCOACH, D. Betsy; SIEGLE, Del. Teaching for creativity scale: an instrument for examining teachers' perceptions of factors that allow for the teaching of creativity. **Creativity Research Journal**, v. 25, n. 3, p. 324-334, 2013.

RUNCO, Mark A. Education for creative potential. **Scandinavian Journal of Educational Research**, v. 47, n. 3, p. 317-324, 2003.

RUNCO, Mark A. Everyone has creative potential. In: STERNBERG, Robert J.; GRIGORENKO, E. L.; SINGER, J. L. (Ed.). **Creativity**: from potential to realization. Washington, DC: American Psychological Association, 2004, p. 21-30.

RUNCO, Mark A. **Creativity**: theories, themes, and issues. San Diego, CA: Academic Press, 2007.

RUNCO, Mark A. Creativity and education. **New Horizons in Education**, v. 56, p. 107-115, 2008.

RUNCO, Mark A.; ALBERT, Robert S. Creativity Research: a historical view. In: KAUFMAN, James C.; STERNBERG, Robert J. (Ed.). **The Cambridge Handbook of Creativity**. New York: Cambridge University Press, 2010, p. 3-19.

SÁ, Ilydio Pereira. **A magia da matemática**: atividades investigativas, curiosidades e histórias da matemática. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2007.

SAK, Ugur. Selective Problem Solving (SPS): a model for teaching creative problem solving. **Gifted Education International**, Washington, v. 27, n. 3, p. 349-357, 2011.

SAK, Ugur; AYVAZ, Ülkü; BAL-SEZEREL, Bilge; ÖZDEMİR, N. Nazli. Creativity in the domain of Mathematics. In: KAUFMAN, James C.; GLÁVEANU, Vlad Petre; BAER, John (Eds.). **The Cambridge Handbook of Creativity across Domains**. New York: Cambridge University Press, 2017, p. 276-298.

SAMUEL, Lucius Rafael Sichonany. **Uma análise sobre como um grupo de professores de ciências e matemática compreende o papel da intuição e da criatividade em suas práticas**

docentes. 2014. 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SAMUEL, Lucius Rafael Sichonany; HARRES, João Batista Siqueira. Considerações preliminares sobre criatividade e Educação em Ciências e Matemática. **Revista Dynamis**, v. 26, n. 1, p. 78-101, 2020.

SÁNCHEZ, Jesús-Nicasio García. **Dificuldades de aprendizagem e intervenção psicopedagógica**. Porto Alegre: Artmed, 2004.

SANTOS, Edvan Ferreira. **A interface Arte e Matemática**: em busca de uma perspectiva crítica e criativa para o ensino de matemática. 2019. 174 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019.

SANTOS, Fernanda do Carmo Gonçalves; FLEITH, Denise de Souza. Efeitos de um programa de criatividade para professoras em alunos do ensino fundamental. **Estudos de Psicologia**, Campinas, v. 32, n. 4, p. 755-766, 2015.

SANTOS, Graça Luzia Dominguez; BARBOSA, Jonei Cerqueira. Um modelo teórico de matemática para o ensino do conceito de função a partir de um estudo com professores. **Revista Unión - Revista Iberoamericana de Educación Matemática**, San Cristobal de La Laguna, n. 48, p. 143-167, 2016.

SANTOS, Graça Luzia Dominguez; BARBOSA, Jonei Cerqueira. Um modelo teórico de matemática para o ensino do conceito de função a partir de realizações em livros didáticos. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 315-338, 2017.

SANTOS, Neide Antonia Pessoa; DINIZ, Maria Ignez Souza Vieira. As concepções dos alunos ao final da escola básica podem explicar porque eles não querem aprender. In: **Anais do VIII Encontro Nacional de Educação Matemática**. Recife: SBEM/UFPE, 2004.

SAWYER, Robert Keith. Creative teaching: collaborative discussion as disciplined improvisation. **Educational Researcher**, v. 33, p. 12-20, 2004.

SAWYER, Robert Keith. Educating for innovation. **Thinking Skills and Creativity**, v. 1, n. 1, p. 41-48, 2006.

SAWYER, Robert Keith. **Explaining creativity**: the science of human innovation. New York: Oxford University Press, 2012.

SCHACTER, John; THUM, Yeow Meng; ZIFKIN, David. How much does creative teaching enhance elementary school student's achievement? **Journal of Creative Behavior**, v. 40, p. 47-72, 2006.

SCHOENFELD, Alan H. Reflections on problem solving theory and practice. **The Mathematics Enthusiast**, Montana, v. 10, n.1-2, p. 9-34, 2013.

SCHÖN, Donald Alan. **The reflective practitioner**: how professionals think in action. New York: Basic Books, 1983.

SCHÖN, Donald Alan. **Educating the reflective practitioner**: toward a new design for teaching and learning in the professions. San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1987.

SCHÖN, Donald Alan. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, António (Org.). **Os professores e a sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1995.

SCHROEDER, Thomas L.; LESTER JR., Frank K. Developing understanding in mathematics via problem solving. In: TRAFTON, P. R.; SHULTE, A. P. (Ed.). **New directions for elementary school mathematics**. Reston, VA: NCTM, 1989, p. 31-42.

SHEFFIELD, Linda Jensen. Using creativity techniques to add depth and complexity to the mathematics curricula. In: **Proceedings of the National Association for Gifted Children Annual Conference**, Louisville, KY, 2005.

SHEFFIELD, Linda J. Creativity and school mathematics: some modest observations. **ZDM Mathematics Education**, Berlin-Heidelberg, v. 45, n. 2, p. 325-332, 2013.

SCHIEVER, Shirley W.; MAKER, Carol June. New directions in enrichment and acceleration. In: COLANGELO, Nicholas; DAVIS, Gary A. (Ed.). **Handbook of Gifted Education**. Boston: Pearson Education, 2003, p. 163-173.

SHRIKI, Atara; LAVY, Ilana. Teachers' perceptions of mathematical creativity and its nurture. In: TSO, Tai-Yih. (Ed.). **Proceedings of the 36th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education (PME36)**. Taipei, Taiwan: PME, v. 4, 2012, p. 92-98.

SHULMAN, Lee S. Those who understand: knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, Washington, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.

SHULMAN, Lee S. Knowledge and teaching: foundations of the new reform. **Harvard Educational Review**, Cambridge, v. 57, n. 1, p. 1-21, 1987.

SILVA, Fabiana Barros de Araújo. **Trabalho pedagógico e criatividade em matemática**: um olhar a partir da prática docente nos anos iniciais do ensino fundamental. 2016. 134 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SILVA, Onã; ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano. Criatividade no ensino de Enfermagem – enfoque triádico: professor, aluno, currículo. **Revista Brasileira de Enfermagem**, Brasília, v. 56, n. 6, p. 610-614, 2003.

SILVA, Talita Fernanda; NAKANO, Tatiana de Cássia. Criatividade no contexto educacional: análise de publicações periódicas e trabalhos de pós-graduação na área de Psicologia. **Educação e Pesquisa**, v. 38, n. 3, p. 743-759, 2012.

SILVEIRA, Marisa Rosâni Abreu. Matemática é difícil. In: **Anais da 25ª Reunião Anual da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Educação**. Caxambu, 2002.

SILVER, Edward A. **Teaching and learning mathematical problem solving: multiple research perspectives**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1985.

SILVER, Edward A. On mathematical problem solving. **For the Learning of Mathematics**, v. 14, n. 1, p. 19-28, 1994.

SILVER, Edward A. Fostering creativity through instruction rich in mathematical problem solving and problem posing. **ZDM Mathematics Education**, Berlin-Heidelberg, v. 29, n. 3, p. 75-80, 1997.

SILVER, Edward A.; CAI, Jinfa. An analysis of arithmetic problem posing by middle school students. **Journal for Research in Mathematics Education**, Reston, VA, v. 27, n. 5, p. 521-539, 1996.

SILVER, Edward A.; CAI, Jinfa. Assessing students' mathematical problem solving. **Teaching Children Mathematics**, Reston, VA, v. 12, n. 3, p. 129-135, 2005.

SILVER, Edward A.; MAMONA-DOWNS, Joanna; LEUNG, Shukkwan S.; KENNEY, Patricia Ann. Posing mathematical problems: an exploratory study. **Journal for Research in Mathematics Education**, Reston, VA, v. 27, n. 5, p. 293-309, 1996.

SIMONTON, Dean Keith. Creativity from a historiometric perspective. In: STERNBERG, Robert J. (Ed.). **Handbook of Creativity**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999, p. 116-133.

SIMONTON, Dean Keith. Creativity: cognitive, personal, developmental, and social aspects. **American Psychologist**, v. 55, n. 1, p. 151-158, 2000.

SIMONTON, Dean Keith. **Creativity in Science: chance, logic, genius, and zeitgeist**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

SIMONTON, Dean Keith. Teaching creativity: current findings, trends, and controversies in the psychology of creativity. **Teaching of Psychology**, v. 39, p. 217-222, 2012.

SINGER, Florence Mihaela; PELCZER, Ildiko; VOICA, Cristian. Problem posing and modification as a criterion of mathematical creativity. In: **Proceedings of the 7th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education - CERME 7**, Rzeszow, Poland, 2009, p. 1133-1142.

SINGH, Bihari. The development of test to measure mathematical creativity. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, London, v. 18, n. 2, p. 181-186, 1987.

SINGH, Simon. **O Último Teorema de Fermat: a história do enigma que confundiu as maiores mentes do mundo durante 358 anos**. Rio de Janeiro: Record, 2014.

SOH, Kaycheng. Fostering student creativity through teacher behaviors. **Thinking Skills and Creativity**, v. 23, p. 58-66, 2017.

SOUZA, Maria Emília M. Gonzaga; ALENCAR, Eunice Maria Lima Soriano. O curso de Pedagogia e condições para o desenvolvimento da criatividade. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 10, p. 21-30, 2006.

SRIRAMAN, Bharath. The characteristics of mathematical creativity. **The Mathematics Educator**, Athens, GA, v. 14, n.1, p. 19-34, 2004.

SRIRAMAN, Bharath. Are giftedness and creativity synonyms in mathematics? **The Journal of Secondary Gifted Education**, Waco, TX, v. XVII, n.1, p. 20-36, 2005.

SRIRAMAN, Bharath; LEE, Kyeong Hwa. What are the elements of giftedness and creativity in mathematics? In: SRIRAMAN, B.; LEE, K. H. (Ed.). **The Elements of Creativity and Giftedness in Mathematics**. Rotterdam: Sense Publishers, 2011, p. 1-4.

STAUFFER, Bri. **What are the 4 C's of 21st century skills?** Disponível em: <<https://www.aeseducation.com/blog/four-cs-21st-century-skills>>. Acesso em: 31 set. 2021.

STEMPNIAK, Isabela Galvão Barbosa. **Multisignificados de equação e o professor de matemática: um estudo sobre a modelagem matemática num curso de licenciatura**. 2010. 121 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Universidade Bandeirante de São Paulo, São Paulo, 2010.

STERNBERG, Robert J. A three-facet model of creativity. In: STERNBERG, Robert J. (Ed.). **The Nature of Creativity: contemporary psychological perspectives**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988, p. 125-147.

STERNBERG, Robert J. The nature of creativity. **Creativity Research Journal**, v. 18, n. 1, p. 87-98, 2006.

STERNBERG, Robert J. The assessment of creativity: an investment-based approach. **Creativity Research Journal**, v. 24, n. 1, p. 3-12, 2012.

STERNBERG, Robert J.; LUBART, Todd I. An investment theory of creativity and its development. **Human Development**, Berkeley, CA, v. 34, n. 1, p. 1-31, 1991.

STERNBERG, Robert J.; LUBART, Todd I. Buy low and sell high: an investment approach to creativity. **Current Directions in Psychological Science**, v. 1, p. 1-5, 1992.

STERNBERG, Robert J.; LUBART, Todd I. **Defying the crowd: cultivating creativity in a culture of conformity**. New York: The Free Press, 1995a.

STERNBERG, Robert J.; LUBART, Todd I. An investment approach to creativity: theory and data. In: SMITH, M. S.; WARD, T. B.; FINK, R. A. (Ed.). **The creative cognition approach**. Cambridge: MIT Press, 1995b, p. 271-302.

STERNBERG, Robert J.; LUBART, Todd I. Investing in creativity. **American Psychologist**, Washington, DC, v. 51, p. 677-688, 1996.

STERNBERG, Robert J.; LUBART, Todd I. Implications of a systems perspective for the study of creativity. In: STERNBERG, Robert J. (Ed.). **Handbook of Creativity**. New York: Cambridge University Press, 1999, p. 313-335.

STEWART, Ian. **Almanaque das curiosidades matemáticas**. Rio de Janeiro: Zahar, 2009.

STEWART, Ian. **Incríveis passatempos matemáticos**. Rio de Janeiro: Zahar, 2010.

STEWART, Ian. **Aventuras matemáticas: vacas no labirinto e outros enigmas lógicos**. Rio de Janeiro: Zahar, 2012.

STEWART, Ian. **O fantástico mundo dos números: a matemática do zero ao infinito**. Rio de Janeiro: Zahar, 2016.

STOYANOVA, Elena N. **Extending and exploring students' problem solving via problem posing: a study of years 8 and 9 students involved in Mathematics challenge and enrichment stages of Euler Enrichment Program for Young Australians**. 1997. Tese – Doutorado, Edith Cowan University, Australia.

TAHAN, Malba. **O homem que calculava**. Rio de Janeiro: Record, 2008.

TAHAN, Malba. **Matemática divertida e curiosa**. Rio de Janeiro: Record, 2014.

TAN, Ai-Girl. Singaporean teachers' perception of activities useful for fostering creativity. **The Journal of Creative Behavior**, v. 35, n.2, p. 131-148, 2001.

TARDIF, Maurice. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

TEIXEIRA, Cristiana Guimarães. **Análise de produções de crianças do quarto ano revelando criatividade na educação matemática**. 2007. 121 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

TEIXEIRA, Cristina de Jesus. **A proposição de problemas como estratégia de aprendizagem da matemática: uma ênfase sobre efetividade, colaboração e criatividade**. 2019. 187 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

TORRANCE, Ellis Paul. **The Torrance Tests of Creative Thinking: norms-technical manual**. Princeton, NJ: Personnel Press, 1966.

TORRANCE, Ellis Paul. Teaching for creativity. In: ISAKSEN, S. G. (Org.). **Frontiers of creativity research: beyond the basics**. Buffalo, NY: Bearly, 1987, p. 189-215.

TREFFINGER, Donald J. Assessment and measurement in creativity and creative problem solving. In: HOUTZ, J. C. (Ed.). **The Educational Psychology of Creativity**. Creskill, NJ: Hampton Press, 2003, p. 59-94.

TREVISAN, André Luis; RIBEIRO, Alessandro Jacques; PONTE, João Pedro. Professional learning opportunities regarding the concept of function in a practice-based teacher education program. **International Electronic Journal of Mathematics Education**, Eastbourne, v. 15, n. 2, p. 1-14, 2020.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à pesquisa em Ciências Sociais**: a pesquisa qualitativa em Educação. São Paulo: Atlas, 2019.

VALE, Isabel; PIMENTEL, Teresa. Um novo-velho desafio: da resolução de problemas à criatividade em matemática. In: CANAVARRO, A. P.; SANTOS, L.; BOAVIDA, A. M.; OLIVEIRA, H.; MENEZES, L.; CARREIRA, S. (Ed.). **Investigação em Educação Matemática 2012**: práticas de ensino da matemática. Portalegre: SPIEM, 2012, p. 347-360.

VALE, Isabel; PIMENTEL, Teresa; BARBOSA, Ana. Ensinar matemática com resolução de problemas. **Quadrante**, v. XXIV, n. 2, p. 39-60, 2015.

VARIZO, Zaíra da Cunha Melo. Os caminhos da Didática e sua relação com a formação de professores de matemática. In: NACARATO, Adair Mendes; PAIVA, Maria Auxiliadora Vilela (Org.). **A formação do professor que ensina matemática**: perspectivas e pesquisas. Belo Horizonte: Autêntica, 2008, p. 43-59.

VIANA, Elvis Ricardo; VERTUAN, Rodolfo Eduardo. Modelagem matemática e criatividade: algumas confluências. **REnCiMa - Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 1-23, 2021.

VOICA, Cristian; SINGER, Florence Mihaela. Problem posing as a tool for the development of mathematical creativity in school children. **ZDM Mathematics Education**, Berlin-Heidelberg, v. 45, n. 4, 2013.

VYGOTSKY, Lev. Imagination and creativity in childhood. **Journal of Russian and East European Psychology**, v. 42, n. 1, p. 7-97, 2004.

WALLAS, Graham. **The art of thought**. New York: Harcourt Brace and Company, 1926.

WATANABE, Renate. Vale para 1, para 2, para 3, ... Vale sempre? **Revista do Professor de Matemática**, Rio de Janeiro, SBM, n. 9, p. 32-38, 1986.

WECHSLER, Solange Muglia; NAKANO, Tatiana de Cássia. Produção brasileira em criatividade: o estado da arte. **Escritos sobre Educação**, v. 2, n. 2, p. 43-50, 2003.

WEGERIF, Rupert. **Mind expanding**: teaching for thinking and creativity in primary education. New York: McGraw Hill Open University Press, 2010.

WILES, Andrew. Modular elliptic curves and Fermat's Last Theorem. **Annals of Mathematics**, v. 142, p. 443-551, 1995.

WROBEL, Júlia Schaetzle; ZEFERINO, Marcos Vinícius Casoto; CARNEIRO, Teresa Cristina Janes. Um mapa do ensino de Cálculo nos últimos 10 anos do COBENGE. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA 2013, Gramado, RS. **Anais [...]** Gramado, 2013.

YUAN, Xianwei; SRIRAMAN, Bharath. An exploratory study of relationships between students' creativity and mathematical problem-posing abilities. In: SRIRAMAN, B.; LEE, K. H (Ed.). **The Elements of Creativity and Giftedness in Mathematics**. Rotterdam: Sense Publishers, 2011, p. 5-28.

ZEICHNER, Kenneth. **A formação reflexiva de professores: ideias e práticas**. Lisboa: Educa, 1993.

ZHOU, Ji; SHEN, Jiliang; WANG, Xinghua; NEBER, Heinz; JOHJI, Ikuma. A cross-cultural comparison: teachers' conceptualizations of creativity. **Creativity Research Journal**, v. 25, n. 3, p. 239-247, 2013.

ZIOGA, Marianthi; DESLI, Despina. Looking for creativity in primary school mathematical tasks. In: KRAINER, K; VONDROVA, N. (Ed.). **Proceedings of the 9th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME9)**. Prague: Czech Republic, 2015, p. 989-995.

ZIOGA, Marianthi; DESLI, Despina. Improving mathematical creativity in the classroom: a case study of a fourth-grade teacher. In: **Proceedings of 11th International Conference on Mathematical Creativity and Giftedness (MCG 11)**, 2019. Hamburg: Universität Hamburg, 2019, v. 1, p. 242-248.

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

O seguinte termo foi enviado a todos os participantes da pesquisa por meio de um formulário eletrônico:

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

Prezado(a) Estudante,

Gostaríamos de convidá-lo(a) a participar da pesquisa intitulada “**Concepções e práticas pedagógicas de estudantes de licenciatura acerca da criatividade em Matemática**”, realizada no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade de Brasília – PPGE/FE/UnB.

O foco dessa pesquisa é investigar as concepções de estudantes de licenciatura em Matemática acerca da criatividade em Matemática e como uma formação sobre conhecimentos pedagógicos voltados à criatividade pode colaborar no desenvolvimento das aprendizagens matemáticas.

A coleta de dados será realizada por meio de questionários e observações durante as aulas desta disciplina, as quais serão registradas em áudio e/ou vídeo.

Cabe ressaltar que a sua participação é voluntária e as informações coletadas serão utilizadas somente para os fins dessa pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

A partir desse momento, o pesquisador se coloca à disposição pelo *e-mail* lineuc@unb.br para demais esclarecimentos que se façam necessários para a sua participação nessa pesquisa.

Agradecemos a sua colaboração.

Pesquisadores Responsáveis:

Doutorando: Prof. Lineu da Costa Araújo Neto

Orientador: Prof. Dr. Cleyton Hércules Gontijo

Eu, tendo sido devidamente esclarecido(a) sobre os procedimentos da pesquisa, e tendo recebido todas as informações que julguei necessárias do pesquisador responsável, assinalo abaixo o meu interesse em participar da pesquisa:

Sim

Não

APÊNDICE B – Questionário 1**Identificação do licenciando**

1. Nome:
2. E-mail:
3. Idade:
4. Sexo:
 - Masculino
 - Feminino
5. Tem experiência como docente?
 - Sim
 - Não
6. Se SIM, a sua experiência refere-se a:
 - Estagiário
 - Monitor
 - Auxiliar de Professor
 - Professor Regente
 - Não tenho experiência docente
 - Outros

Conversando sobre criatividade

1. Como você define criatividade?
2. Em sua opinião, quais são as três principais características que melhor descrevem um aluno criativo?
3. Em sua opinião, quais são as três principais características que melhor descrevem um professor criativo?
4. Como você avalia a sua própria criatividade?
 - Eu não sou criativo
 - Eu sou pouco criativo
 - Eu sou criativo
 - Eu sou muito criativo

- () Eu sou extremamente criativo
5. Você já participou de cursos, *workshops* ou seminários sobre como estimular a criatividade em seus alunos?
- () Sim
- () Não
6. Leia as afirmações abaixo a respeito de criatividade e selecione um dos cinco códigos para indicar o seu grau de concordância com cada uma delas:

1 – Discordo totalmente

2 – Discordo parcialmente

3 – Sou indiferente

4 – Concordo parcialmente

5 – Concordo totalmente

	1	2	3	4	5
Os alunos têm muitas oportunidades na escola para expressar sua criatividade.					
A criatividade é um talento com o qual o indivíduo já nasce com ele.					
A criatividade é apenas relevante para artes visuais, música, drama e performance artística.					
A criatividade pode ser avaliada.					
A criatividade depende de possuir muito conhecimento prévio.					
É de responsabilidade do professor ajudar os alunos a desenvolver a criatividade.					
A criatividade é essencial para melhorar a aprendizagem acadêmica dos estudantes na escola.					
A criatividade pode ser desenvolvida por qualquer aluno em sala de aula.					
Os professores devem ter conhecimento sobre criatividade.					
A criatividade é uma característica de todos os alunos e não é um fenômeno raro.					
A criatividade pode ser ensinada.					
É necessário que os professores sejam criativos para formar estudantes criativos.					

7. Leia as declarações abaixo e selecione um dos cinco códigos para indicar com que frequência os seus professores (ao longo da educação básica) usavam cada método em suas práticas pedagógicas:

- 1 – Nunca
 2 – Ocasionalmente
 3 – Cerca da metade do tempo
 4 – Regularmente
 5 – Sempre

	1	2	3	4	5
Os professores estimulavam os alunos a gerar muitas ideias e depois testá-las.					
Os professores estimulavam os alunos a pensar sobre as estratégias de aprendizagem que eles conheciam e sobre como poderiam aplicá-las em novas situações.					
Os professores davam aos alunos tempo livre para fazer o que quisessem.					
Os professores davam aos alunos tempo para pensar de maneiras diferentes.					
Os professores encorajavam os alunos a fazer uma “tempestade de ideias” para encontrar soluções para problemas.					
Os professores davam aos alunos oportunidades para fazer julgamentos por conta própria, independentemente de eles estarem certos ou errados.					
Os professores davam aos alunos perguntas abertas para que eles pudessem encontrar as respostas por conta própria.					
Os professores incentivavam os alunos a pensar como eles aprendiam.					
Os professores preparavam atividades para incentivar os alunos a gerar muitas ideias.					
Os professores criavam ambientes de respeito e aceitação pelas ideias dos alunos.					
Os professores davam chances aos alunos para discordarem de seus pontos de vista.					

8. Selecione um dos quatro códigos para indicar, em cada uma das seguintes disciplinas escolares, o quanto elas são propícias para que o aluno use ou mostre sua criatividade:

- 1 – Não é propícia

2 – Pouco propícia

3 – Propícia

4 – Muito propícia

	1	2	3	4
Matemática				
Física				
Química				
Biologia				
Educação Artística (Música, Artes Cênicas, Artes Visuais)				
Educação Física				
Língua Estrangeira				
Língua Portuguesa				
Geografia				
História				
Sociologia				
Filosofia				

9. Cada professor incentiva seus alunos a abordar o risco de diferentes maneiras. Leia as declarações abaixo e selecione um dos cinco códigos para indicar com que frequência os seus professores usavam cada método:

1 – Nunca

2 – Ocasionalmente

3 – Cerca da metade do tempo

4 – Regularmente

5 – Sempre

	1	2	3	4	5
Os professores incentivavam os alunos que experimentaram o fracasso a procurar outras soluções possíveis.					
Os professores incentivavam os alunos a explorar a incerteza e tentar resolver os problemas (por exemplo, por meio de jogos).					
Os professores incentivavam os alunos a correr riscos.					

Os professores incentivavam os alunos a enfrentar problemas que eram considerados difíceis para o seu ano escolar.					
Os professores encorajavam os alunos a pensar de maneiras diferentes, mesmo que algumas das ideias pudessem não funcionar.					
Os professores ajudavam os alunos a aprender com os próprios fracassos.					
Os professores cultivavam nos alunos o gosto pela descoberta e pela busca de novos conhecimentos.					
Os professores faziam perguntas desafiadoras que motivavam os alunos a pensar e raciocinar.					
Os professores promoviam a autoconfiança dos alunos.					
Os professores estimulavam a curiosidade dos alunos por meio das tarefas propostas.					

10. Leia as declarações abaixo e selecione um dos cinco códigos para indicar o seu grau de concordância com cada uma delas:

- 1 – Discordo totalmente
- 2 – Discordo parcialmente
- 3 – Sou indiferente
- 4 – Concordo parcialmente
- 5 – Concordo totalmente

	1	2	3	4	5
Os professores tinham muito conteúdo para ensinar.					
A escola na qual eu estudava colocava ênfase no fomento da criatividade dos alunos.					
Os meus professores eram bem treinados para facilitar a criatividade dos alunos.					
O tempo era suficiente para desenvolver atividades em sala de aula que promoviam o pensamento criativo dos alunos.					
Na escola havia recursos necessários para implementar atividades criativas em sala de aula.					
Os alunos tinham tempo suficiente para demonstrar sua criatividade em sala de aula					
Os professores avaliavam a criatividade dos alunos.					
Os professores reconheciam os estudantes mais criativos da minha classe.					

11. Leia as declarações abaixo e selecione um dos cinco códigos para indicar o seu grau de concordância com cada uma delas:

- 1 – Discordo totalmente
- 2 – Discordo parcialmente
- 3 – Sou indiferente
- 4 – Concordo parcialmente
- 5 – Concordo totalmente

	1	2	3	4	5
Alunos aprendem melhor quando buscam as soluções para os problemas por conta própria.					
Estudantes inteligentes não precisam estudar muito para obter boas notas.					
Bons professores demonstram a maneira correta de resolver um problema.					
Estudantes bem-sucedidos aprendem coisas rapidamente.					
Se um aluno tentar entender muito um problema difícil, então ele provavelmente acabará ficando confuso.					

12. Cada professor usa diferentes métodos de ensino. Leia as declarações abaixo e selecione um dos cinco códigos para indicar com que frequência os seus professores usavam cada método:

- 1 – Nunca
- 2 – Ocasionalmente
- 3 – Cerca da metade do tempo
- 4 – Regularmente
- 5 – Sempre

	1	2	3	4	5
Os professores incentivam os alunos a usar tecnologias de informação e comunicação (<i>tablets</i> , <i>laptops</i> celulares etc.) no processo de aprendizagem.					
Os professores passavam atividades práticas para os alunos fazerem.					

Os professores pediam para os alunos copiarem passagens de livros didáticos.					
Os professores usavam planilhas como ferramentas de ensino.					
Os professores usavam perguntas de múltipla escolha para avaliar o que os alunos aprenderam.					
Os professores usavam perguntas abertas para avaliar o que os alunos aprenderam.					
Os professores usavam problemas com múltiplas possibilidades de resposta para avaliar o que os alunos aprenderam.					

13. Assinale os itens correspondentes a fatores que você considera inibidores à promoção da criatividade do aluno:

- Elevado número de alunos em sala de aula
- Alunos com dificuldades de aprendizagem em sala de aula
- Baixo reconhecimento do trabalho do professor
- Desinteresse do aluno pelo conteúdo ministrado
- Escassez do material didático disponível na escola
- Extensão do programa a ser cumprido no decorrer do ano letivo
- Presença de alunos indisciplinados que perturbam o trabalho docente
- Poucas oportunidades para os professores discutirem e trocarem ideias com colegas de trabalho sobre estratégias de ensino
- Falta de apoio institucional na implementação de projetos inovadores
- Qualidade dos livros didáticos adotados na escola
- Baixo incentivo por parte da direção da escola para inovar a prática docente
- Falta de oportunidade para realizar atividades fora da sala de aula
- Falta de orientação por parte da coordenação pedagógica da escola no que diz respeito a como favorecer o desenvolvimento da criatividade do aluno
- Desconhecimento de práticas pedagógicas que poderiam ser utilizadas para propiciar o desenvolvimento da criatividade do aluno
- Desconhecimento de textos (livros e/ou artigos) a respeito de como implementar a criatividade em sala de aula
- Falta de entusiasmo pela atividade docente
- Falta de autonomia na forma de conduzir as atividades docentes
- Insegurança para testar novas práticas pedagógicas

APÊNDICE C – Questionário 2

1. Por que você escolheu estudar Matemática?
2. Por que você escolheu ser professor de Matemática?
3. Que características específicas um professor de Matemática precisa ter para exercer sua atividade docente?
4. O que o professor precisa saber e fazer para ser considerado um bom professor de Matemática?
5. O que caracteriza uma excelente aula de Matemática?
6. Por que muitos alunos têm aversão à Matemática?
7. Qual é a importância da criatividade no mundo contemporâneo?
8. Você acha que para desenvolver a criatividade em sala de aula o professor deve ser criativo?
9. O currículo da licenciatura favorece o desenvolvimento da criatividade dos licenciandos?
10. Qual é o papel da criatividade no aprendizado da Matemática?
11. Você busca ser criativo no desenvolvimento das suas atividades acadêmicas? Se sim, qual é o maior desafio que você enfrenta para colocar o pensamento criativo nas suas atividades acadêmicas? Se não, que obstáculos você encontrou que o impediram de incorporar o pensamento criativo nos seus trabalhos?
12. No plano pessoal, que fatores favorecem o seu trabalho criativo nas aulas de Matemática?
13. No plano pessoal, que fatores limitam o seu trabalho criativo nas aulas de Matemática?
14. No plano coletivo, que fatores favorecem o trabalho criativo nas aulas de Matemática?
15. No plano coletivo, que fatores inibem/limitam o trabalho criativo nas aulas de Matemática?
16. Como o currículo do seu curso de licenciatura em Matemática abordou a temática da criatividade na graduação?
17. Você acha importante a presença de uma disciplina específica sobre criatividade durante o curso de licenciatura?
18. Você tem lembrança de algum professor criativo em sua formação?

19. Qual é o papel do professor para fomentar o desenvolvimento do potencial criativo matemático de seus alunos?
20. Você considera que professores mais criativos têm alunos mais criativos?

APÊNDICE D – Questionário 3

1. Escreva tantas palavras ou frases que o conceito de função lhe faz lembrar.
2. Escreva tantas aplicações diferentes do conceito de função quanto puder.
3. Desenhe tantos gráficos de funções quanto puder (desenhe em uma folha de apoio, fotografe e faça o *upload* do arquivo).
4. Dê exemplos de relações que não são funções, justificando a sua resposta.
5. Dê tantos exemplos quanto puder de funções $f(x)$ tais que $f(0) = 1$.
6. Considerando os conjuntos $A = \{\alpha, \beta, \gamma\}$ e $B = \{\delta, \varepsilon\}$, determine todas as funções de A em B .
7. Como você aprendeu o conceito de função na escola?
8. Escreva todas as informações (definições, propriedades, nomenclaturas, representações, teoremas, corolários etc.) que você conhece que podem estar relacionadas com a palavra função.

APÊNDICE E – Questionário 4

1. O conteúdo de funções ocupa uma posição central na organização curricular de Matemática no 9^o ano do ensino fundamental e nos três anos do ensino médio, além de ser pré-requisito para a disciplina de Cálculo 1 em diversos cursos de graduação. Como você avalia o processo de ensino e aprendizagem desse importante conhecimento matemático ao longo de seu percurso formativo na educação básica e no ensino superior?
2. Qual é a sua opinião a respeito da estrutura didático-metodológica utilizada nesta disciplina?
3. O que você achou do roteiro de oficinas de pensamento crítico e criativo para o ensino de funções utilizado nas atividades dessa disciplina?
4. Você teria sugestões para acrescentar, modificar ou suprimir no roteiro das oficinas de pensamento crítico e criativo em Matemática?
5. Assinale quais aplicativos e plataformas você utilizou nas atividades dessa disciplina:

 Kahoot
 Geogebra
 Desmos
 Zoom
 Quizizz
 Socrative
 Plickers
 Padlet
 Khan Academy
 WhatsApp
 Moodle
 Outros: _____
6. Qual é a importância da utilização da matriz de estrutura de continuidade de problemas (e, em especial, de problemas abertos que admitem múltiplas respostas e diferentes maneiras de resolução) como estratégia didático-metodológica para o

desenvolvimento do pensamento crítico e criativo dos alunos no campo da Matemática em sala de aula?

7. Qual é a importância da utilização de problemas contextualizados e interdisciplinares para o processo de ensino, aprendizagem e avaliação da Matemática em sala de aula?
8. Qual é a importância da utilização de técnicas de criatividade para o processo de ensino e aprendizagem da Matemática?
9. Descreva como você se avalia antes, durante e após a disciplina no tocante aos seus conhecimentos acerca de como ministrar aulas sobre o conteúdo de funções.
10. Descreva como você se avalia antes, durante e após a disciplina no tocante aos seus conhecimentos e concepções acerca da criatividade em Matemática.
11. Qual é o impacto dessa disciplina em seu processo formativo como futuro professor de Matemática para a educação básica?
12. Qual foi a melhor oficina sobre o conteúdo de funções apresentada por seus colegas nessa disciplina?

Grupo 1 – Função Seno

Grupo 2 – Halloween e a Matemática

Grupo 3 – Detetive Us

Grupo 4 – Função Quadrática

Grupo 5 – Conceitos de Função e Análise de Gráficos

Grupo 6 – Coeficientes de Funções Polinomiais

Grupo 7 – Função Exponencial

13. Descreva alguns elementos que levaram você a indicar a oficina acima como a melhor entre as apresentadas pelos seus colegas.
14. Você acha importante a presença de conteúdos sobre pensamento crítico e criativo em disciplinas do curso de licenciatura em Matemática? Por quê?