

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE MATEMÁTICA
LINHA DE PESQUISA:
ENSINO E APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA E ESTATÍSTICA

OLGA CRISTINA PENETRA GIRALDI

**UM ESTUDO SOBRE A CRIATIVIDADE EM UM AMBIENTE
DE APRENDIZAGEM DE MODELAGEM MATEMÁTICA**

Orientador: Prof. Dr. Alvino Alves Sant'Ana

PORTO ALEGRE-RS

2020

Olga Cristina Penetra Giraldi

**UM ESTUDO SOBRE A CRIATIVIDADE EM UM AMBIENTE
DE APRENDIZAGEM DE MODELAGEM MATEMÁTICA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Alvino Alves Sant'Ana

Porto Alegre

2020

CIP - Catalogação na Publicação

Giraldi, Olga Cristina Penetra
UM ESTUDO SOBRE A CRIATIVIDADE EM UM AMBIENTE DE
APRENDIZAGEM DE MODELAGEM MATEMÁTICA / Olga Cristina
Penetra Giraldi. -- 2020.
142 f.
Orientador: Alvino Alves Sant'Ana.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Instituto de Matemática e
Estatística, Programa de Pós-Graduação em Ensino de
Matemática, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Modelagem matemática. 2. Criatividade. 3.
Criatividade em Matemática. 4. Ambiente de
aprendizagem. 5. Educação Matemática. I. Sant'Ana,
Alvino Alves, orient. II. Título.

Olga Cristina Penetra Giraldi

**UM ESTUDO SOBRE A CRIATIVIDADE EM UM AMBIENTE
DE APRENDIZAGEM DE MODELAGEM MATEMÁTICA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Alvinho Alves Sant'Ana

Banca avaliadora:

Prof^ª. Dra. Débora da Silva Soares – PPGEMAT/UFRGS

Prof. Dr. Rodrigo Dalla Vecchia – PPGEMAT/UFRGS

Prof. Dr. Rodolfo Eduardo Vertuan – PPGMAT/UTFPR

Porto Alegre, 24 de junho de 2020.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a concretização desta pesquisa, me ajudando a chegar até aqui. Não os enumero, pois sei que qualquer lista que eu venha a produzir não será completa. Mais uma vez, agradeço a todos!

RESUMO

Nesta pesquisa apresentamos um estudo sobre a criatividade em um ambiente de aprendizagem de modelagem matemática, sendo Barbosa (2001) a perspectiva de modelagem adotada. A questão “**Quais fatores podem favorecer a criatividade dos alunos em um ambiente de aprendizagem de modelagem matemática?**” norteou este estudo que foi dividido em dois momentos, realizados simultaneamente, ambos para coletar e produzir dados: uma análise de seis relatos de experiência da Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática (CNMEM) e uma prática didática realizada em uma escola pública. Os participantes da prática e o público alvo das experiências relatadas foram alunos do Ensino Fundamental. Elencamos três objetivos para responder à questão de pesquisa: (i) Identificar evidências de criatividade; (ii) Identificar quais foram os fatores importantes para que houvesse esse momento criativo, levando em consideração a literatura consultada; (iii) Apontar, se existirem, novos fatores que possam colaborar para a expressão da criatividade dos alunos. Essa investigação é de caráter qualitativo, descritiva e as análises dos dados foram feitas de forma indutiva. Para dar suporte a este estudo, produzimos quadros-síntese apoiados nas visões de autores que definem criatividade e criatividade em matemática, como Amabile (2012, 2018), Csikszentmihalyi (2015), Kaufman (2016), Fleith e Alencar (2003, 2005), Torrance (1976), Stein (1974), Haylock (1987), Gontijo (2006a), entre outros. Nossa análise indica que, tanto nos relatos de experiência como na prática desenvolvida, o professor é a peça chave para construir um ambiente criativo, uma vez que ele pode ou não permitir a liberdade de expressar ideias em sala de aula, pode ou não elaborar tarefas abertas e de caráter investigativo para explorar o potencial criativo dos alunos, pode ou não se inclinar aos interesses dos alunos para trabalhar temas que motivem a sua participação. Igualmente importante são o interesse e a motivação do aluno, pois ele demonstra sua criatividade na medida em que se envolve com a tarefa. Alguns fatores que podem promover a criatividade e indícios de sua ocorrência já foram apontados em estudos anteriores, com públicos e ambientes diferentes, e nesta pesquisa encontramos algumas correspondências. Porém, considerando o contexto educacional, novas evidências de criatividade e fatores que cooperam para seu surgimento foram revelados, tais como: propor tarefas com temas que despertem empatia e preocupação futura, pois apesar de não proporcionar diretamente a criatividade, este fator pode gerar interesse pela tarefa e, unido à preocupação com o tema, pode promover o engajamento do aluno com a tarefa, podendo resultar em atitudes e pensamentos criativos; além disso, o manuseio de recursos diversos como máquina fotográfica, o acesso a computadores e softwares, artesanato, relógio/cronômetro, etc. pode ter ajudado na expressão criativa dos alunos, pois foram instrumentos usados como meio para achar a resolução de um problema ou como um recurso que sem o qual não poderiam chegar a considerações importantes.

Palavras-chave: Modelagem matemática; Criatividade; Criatividade em matemática; Ambiente de aprendizagem; Educação Matemática.

ABSTRACT

In this research, we present a study on creativity in a mathematical modeling learning environment, with Barbosa (2001) being the modeling perspective adopted. The question "**What factors can promote students' creativity in a mathematical modeling learning environment?**" guided this study that was divided into two moments, carried out simultaneously, both to collect and to produce data: an analysis of six experience reports from the Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática (CNMEM) and a didactic practice carried out in a public school. The participants in the practice and the target audience of the reported experiences were elementary school students. We present three objectives to answer the research question: (i) Identify evidence of creativity; (ii) Identify what were the important factors for there to be this creative moment, taking into account the literature consulted; (iii) Point out, if any, new factors that could contribute to the expression of students' creativity. This investigation is of qualitative character, descriptive and the data analysis was done in an inductive way. To support this study, we produced summary tables based on the conceptions of authors who define creativity and creativity in mathematics, such as Amabile (2012, 2018), Csikszentmihalyi (2015), Kaufman (2016), Fleith and Alencar (2003, 2005), Torrance (1976), Stein (1974), Haylock (1987), Gontijo (2006a), among others. Our analysis indicates that, both in experience reports and in developed practice, the teacher is key to building a creative environment, since he/she may or may not allow the freedom to express ideas in the classroom, he/she may or may not elaborate open and investigative tasks to explore students' creative potential, he/she may or may not be inclined to students' interests to work on themes that motivate their participation. Equally important are the student's interest and motivation, as he/she demonstrates his/her creativity as he/she gets involved with the task. Some factors that can promote creativity and evidence of its occurrence have already been pointed out in previous studies, with different participants and environments, and in this research, we found some correspondences. However, considering the educational context, new evidence of creativity and factors that cooperate for its emergence were revealed, such as: proposing tasks with themes that arouse empathy and future concern, because although it does not directly provide creativity, this factor can generate interest in the task and, together with the concern with the theme, it can promote student engagement with the task, which may result in creative attitudes and thoughts; besides, handling with diverse resources such as a camera, computers and software, handicraft, clock/timer, etc. may have helped to the students' creative expression, since those instruments were used as a mean to find the solution of a problem or as a resource that without which the students could not reach important considerations.

Keywords: Mathematical modeling; Creativity; Creativity in mathematics; Learning environment; Mathematics Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Efetuando de maneiras distintas.....	24
Figura 2 – Gráfico da função.....	26
Figura 3 – Desafio da soma.....	26
Figura 4 – Etapas do processo criativo.....	29
Figura 5 – Representação da abordagem múltipla da criatividade.....	36
Figura 6 – Produções (da esquerda para direita) do grupo 1, grupo 2 e grupo 3.....	66
Figura 7 – Alunos trabalhando nas partes do projeto.....	69
Figura 8 – Alunos usando a si mesmos como modelos para cálculos das construções altas. ..	70
Figura 9 – Maquete finalizada (à esquerda) e foto do terreno da escola.....	71
Figura 10 – Alunos trabalhando na maquete (relato de experiência 5.2).....	72
Figura 11 – Solução do item a pelo grupo 1 (à esquerda) e pelo grupo 2.....	82
Figura 12 – Solução do item a pelo grupo 3 (à esquerda) e pelo grupo 4.....	82
Figura 13 – Duas respostas para o item c.....	83
Figura 14 – Consumo mensal de um dos integrantes do grupo 1.....	86
Figura 15 – Possibilidades de economia de água a partir da mudança nos hábitos (Grupo 1).....	86
Figura 16 – Explicação do procedimento utilizado (Grupo 2).....	87
Figura 17 – Resolução das tarefas pelo Aluno A.....	90
Figura 18 – Resolução das tarefas pelo Aluno B.....	91
Figura 19 – Resolução das tarefas pelo Aluno C.....	91
Figura 20 – Resolução das tarefas pelo Aluno D.....	92
Figura 21 – Resposta da questão 1 do Aluno G.....	97
Figura 22 – Resposta da questão 1 da Aluna E.....	97
Figura 23 – Resposta da questão 1 da Aluna M.....	97
Figura 24 – Resposta da questão 1 do Aluno L.....	97
Figura 25 – Resposta da questão 1 do Aluno D.....	97
Figura 26 – Resposta da questão 1 do Aluno LC.....	98
Figura 27 – Resposta da questão 2 do Aluno G.....	98
Figura 28 – Resposta da questão 2 da Aluna E.....	98
Figura 29 – Resposta da questão 2 da Aluna M.....	99
Figura 30 – Resposta da questão 2 do Aluno L.....	99
Figura 31 – Resposta da questão 2 do Aluno D.....	99
Figura 32 – Resposta da questão 2 do Aluno LC.....	99

Figura 33 – Resposta da questão 3 do Aluno G.	101
Figura 34 – Resposta da questão 3 da Aluna E.	101
Figura 35 – Resposta da questão 3 da Aluna M.	101
Figura 36 – Resposta da questão 3 do Aluno L.	101
Figura 37 – Resposta da questão 3 do Aluno D.	101
Figura 38 – Resposta da questão 3 do Aluno LC.	101
Figura 39 – Tarefa de casa do Aluno G.	104
Figura 40 – Resolução do problema pelo Aluno G.	104
Figura 41 – Tarefa de casa da Aluna E.	105
Figura 42 – Resolução do problema pela Aluna E.	106
Figura 43 – Tarefa de casa da Aluna M.	107
Figura 44 – Resolução do problema pela Aluna M.	107
Figura 45 – Tarefa de casa do Aluno L.	108
Figura 46 – Resolução do problema pelo Aluno L.	108
Figura 47 – Tarefa de casa do Aluno D.	109
Figura 48 – Resolução do problema pelo Aluno D.	109
Figura 49 – Tarefa de casa do Aluno LC.	110
Figura 50 – Resolução do problema pelo Aluno LC.	111
Figura 51 – Mensagem para conscientizar o consumo de água criada pelo Aluno D.	112
Figura 52 – Mensagem para conscientizar o consumo de água criada pelo Aluno G.	113
Figura 53 – Mensagem para conscientizar o consumo de água criada pela Aluna E.	114
Figura 54 – Mensagem para conscientizar o consumo de água criada pela Aluna M.	114
Figura 55 – Mensagem para conscientizar o consumo de água criada pelo Aluno L.	115
Figura 56 – Mensagem para conscientizar o consumo de água criada pelo Aluno LC.	116
Figura 57 – Mensagem para conscientizar o consumo de água criada pelo Aluno LC (carta aberta).	116

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Duas formas comuns de resolução.	24
Quadro 2 – Uma forma original de resolução para a expressão numérica.	25
Quadro 3 – O que é criativo?.....	40
Quadro 4 – Características da pessoa criativa	41
Quadro 5 – O processo criativo	42
Quadro 6 – Influências ambientais	42
Quadro 7 – O aluno e o professor nos casos de modelagem.	47
Quadro 8 – Relação entre modelagem matemática e o desenvolvimento da criatividade.	50
Quadro 9 – Comparando Pereira (2008) e nossa pesquisa.	51
Quadro 10 – Fragmento do diálogo da aula 1.	64
Quadro 11 – Evidências e fatores do relato 5.1.	68
Quadro 12 – Evidências e fatores do relato 5.2.	73
Quadro 13 – Discussão sobre o projeto do grupo 4.....	76
Quadro 14 – Discussão para conclusão do projeto.....	77
Quadro 15 – Discussão para conclusão do projeto.....	77
Quadro 16 – Discussão sobre o projeto do grupo 4.....	78
Quadro 17 – Discussão sobre o projeto do grupo 5.....	78
Quadro 18 – Evidências e fatores do relato 5.3	79
Quadro 19 – Diálogo entre o grupo 1 e o professor.	81
Quadro 20 – Evidências e fatores do relato 5.4.....	83
Quadro 21 – Diálogo 1 do fim da experiência.....	88
Quadro 22 – Diálogo 2 do fim da experiência.....	88
Quadro 23 – Evidências e fatores do relato 5.5.....	89
Quadro 24 – Evidências e fatores do relato 5.6.....	93
Quadro 25 – Diálogo (parte 1).....	94
Quadro 26 – Diálogo (parte 2).....	95
Quadro 27 – Diálogo (parte 3).....	96
Quadro 28 – Diálogo (parte 4).....	100
Quadro 29 – Informações sobre o consumo médio de água por atividade.....	103
Quadro 30 – Evidências e fatores da prática.	118

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Justificativa e motivação para a pesquisa	15
1.2	Estrutura da dissertação	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1	Criatividade.....	18
2.1.1	O que é criativo? (Sobre o produto).....	21
2.1.2	Quem é criativo? (Sobre a pessoa).....	22
2.1.3	Como somos criativos? (Sobre o processo criativo).....	29
2.1.4	Quando e onde somos criativos? (Sobre as influências ambientais).....	31
2.1.5	Algumas teorias sobre criatividade	34
2.1.6	Criatividade em Matemática	37
2.2	Quadros-síntese: aspectos e caracterizações da criatividade	40
2.3	Modelagem Matemática.....	43
3	CRIATIVIDADE EM TAREFAS DE MODELAGEM MATEMÁTICA	49
4	METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS.....	57
4.1	Questão e objetivos da pesquisa	57
4.2	A escolha dos relatos de experiência	59
4.3	A escolha da escola e a do tema da prática.....	60
4.4	Procedimentos de análise.....	62
5	DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RELATOS DE EXPERIÊNCIA	63
5.1	Uma experiência de Modelagem Matemática no ensino por ciclos no município de Porto Alegre (RS)	63
5.2	Modelagem Matemática: conhecendo o espaço escolar em formas e tamanhos	68
5.3	O problema do estacionamento da escola.....	74
5.4	Os efeitos da maconha no organismo: uma experiência desenvolvida em um ambiente de Modelagem Matemática.....	79

5.5	Investigação sobre possibilidades de economizar água no cotidiano de alunos belorizontinos: uma experiência com modelagem matemática	84
5.6	Modelagem, criticidade e interdisciplinaridade: o caso do peso das mochilas.....	89
6	DESCRIÇÃO E ANÁLISE DA PRÁTICA DIDÁTICA.....	94
7	ANÁLISE GERAL DOS DADOS	119
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	128
	REFERÊNCIAS	131
	APÊNDICE A – Plano das aulas.....	136
	ANEXO A: TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO.....	140
	ANEXO B: TERMO DE ASSENTIMENTO	141
	ANEXO C: AUTORIZAÇÃO.....	142

1 INTRODUÇÃO

O mundo está em constante transformação. Boa parte do que era uma grande ideia ou uma grande invenção há 50, 30 ou 10 anos, hoje não passa de uma lembrança do que era moderno e avançado para a época. A tecnologia/internet, a medicina e a matemática são exemplos de áreas que sofreram transformação ao longo dos anos. Todas essas mudanças partiram de alguma ideia. Uma ideia que agregava valor, novidade e utilidade. Uma ideia que foi testada e validada (ou não) e que, por fim, foi comunicada. Tudo isso se deve à criatividade. As transformações no âmbito científico e cultural só foram possíveis graças à expressão criativa de alguém. Torre (2005, p. 25) afirma que “se o homem não fosse criativo, viveríamos ainda nas cavernas, pois não haveria desenvolvimento científico e cultural. Criar significa ter ideias, dar continuidade a inovações valiosas, enriquecer a cultura”.

Vemos hoje uma infinidade de ideias novas que foram postas em prática das quais toda sociedade, em certo grau, se beneficia. Os aplicativos de *smartphones* são a prova de que o homem continua inovando, graças à sua criatividade. Como alguém iria imaginar que, para conseguir uma renda extra, alugar um quarto na sua casa para um visitante de temporada iria dar certo? Ou ainda, como saber que ao montar uma videoteca online, com filmes, séries e documentários de todos os tipos e de todos os anos, iria fazer sucesso? Tais ideias surgiram a partir do potencial criativo de uma pessoa (ou grupo), que criou aplicativos de celular que prestam tais serviços e que hoje tem uma utilidade e uma validade para pessoas em larga escala. Ideias como essas estão diretamente ligadas à criatividade.

Definir criatividade não é fácil. Normalmente, quando pensamos nesta palavra, associamos às pessoas que se dedicam a artes como escultura, desenho, música ou dança, concordando com a equação: criativo = artes. Kelley e Kelley (2013) enxergam esse entendimento como “o mito da criatividade”, pois não percebem a criatividade dessa forma. Eles acreditam que todas as pessoas são criativas e possuem um potencial criativo para ser explorado.

No senso comum da palavra, a criatividade está associada, em parte, a esta definição que encontramos na *internet*: característica da pessoa criativa; quem tem capacidade, inteligência e talento para criar; ou ainda, capacidade de criar ou inventar, de compor a partir da imaginação. Porém não é a criatividade em termos de senso comum que vamos¹ abordar neste trabalho, mas sim a criatividade tomada no campo científico. Acreditamos que a

¹ O texto está em primeira pessoa do plural, pois se refere ao trabalho desenvolvido em conjunto por orientanda e orientador de mestrado.

criatividade é muito mais do que uma habilidade pessoal ou um talento. Ela envolve outras dimensões, como: a pessoa que cria; o processo criativo; o produto criado (e o julgamento desse produto); e as influências ambientais.

No contexto educacional, Torre (2005, p. 145) apresenta um argumento que dá importância ao cultivo da criatividade em sala de aula, e sustenta que “a criatividade deve estar presente na programação curricular se queremos que esteja no desenvolvimento profissional e na realização pessoal do adulto”. Durante a idade escolar, algumas habilidades, como aprender um novo idioma ou tocar um instrumento, são desenvolvidas com mais facilidade, embora nunca seja tarde para aprendê-las. O autor, ainda, afirma que “ao desenvolver em nossos alunos habilidades, hábitos e atitudes de pensamentos criativos, divergentes, heurísticos, etc., estaremos aumentando o potencial inovador dessas pessoas” (TORRE, 2005, p. 145-146). Porém, não são todas as formas de ensino que favorecem esse desenvolvimento nos alunos.

Em Educação Matemática, algumas metodologias de ensino possuem uma noção de trabalho investigativo, com perspectiva heurística e com tarefas² abertas (sem única solução ou resposta), o que permite espaço para discussões e contribuições dos alunos. É o caso da modelagem matemática. Barbosa (2001, p. 5) acredita que a modelagem “trata-se de uma oportunidade para os alunos indagarem situações por meio da matemática sem procedimentos fixados previamente e com possibilidades diversas de encaminhamento”. Portanto, ela pode cooperar para o aprimoramento de habilidades, como autonomia, reflexão e crítica sobre o tema abordado, criatividade, entre outras, justamente por possuir essa natureza flexível. Ponte (2005) concorda que tarefas abertas³ “são essenciais para o desenvolvimento de certas capacidades nos alunos, como a autonomia, a capacidade de lidar com situações complexas etc.” (PONTE, 2005, p. 17). A este comentário, ainda, poderíamos acrescentar o desenvolvimento do potencial criativo dos alunos, inclusive estudos já mostraram que as tarefas de modelagem matemática podem promover a criatividade dos alunos (PEREIRA, 2008).

² Neste texto, consideraremos o termo “tarefa” um trabalho que o aluno realiza, sozinho ou em grupo, seja respondendo às perguntas/questionários, ou efetuando cálculos, ou dialogando sobre o assunto levantado pelo professor com seus colegas de classe, fazendo pesquisas/investigação, etc., e essa tarefa pode ser realizada em sala de aula/ambiente escolar ou como dever para casa. Evitamos usar o termo “atividade” para não relacionar a uma teoria. Sendo assim, quando observado neste texto, “atividade” será referenciada a seu autor.

³ Ponte (2005) afirma que as tarefas em matemática podem ser baseadas em duas dimensões: o grau de desafio matemático (reduzido ou elevado) e o grau de estrutura (aberto ou fechado); e o cruzamento dessas dimensões geram quatro quadrantes: exercício; problema; exploração e investigação – esta, por sua vez, é de natureza aberta e com grau de desafio elevado.

Em geral, as tarefas de modelagem matemática propõem tirar o aluno do paradigma do exercício⁴ (SKOVSMOSE, 2000). As ações que refletem sua postura passiva, como copiar do quadro, observar com atenção a explicação, reproduzir exemplos são deixadas de lado, e as ações que refletem uma atitude mais ativa permitem o desenvolvimento da crítica, da reflexão e do costume de realizar investigações. Sob essa perspectiva, o aluno tende a estar mais envolvido com sua própria educação, preparando-se para atuar ativamente na sociedade (BARBOSA, 2004).

Alencar (2007) tem observado que certas práticas pedagógicas são inibidoras à criatividade como, por exemplo, aquelas focadas na reprodução e na memorização do conhecimento, que usam exercícios que admitem única resposta correta, como no paradigma do exercício, além da centralização da instrução no professor. Freire (1996) também concorda que o ensino tradicional ou “ensino bancário”⁵ deforma a criatividade do educando e do educador.

Neste sentido, preocupamo-nos com cada aluno com relação às suas habilidades criativas, pois elas o acompanharão, sobretudo, na sua vida profissional e desejamos que sejam despertadas e aperfeiçoadas ainda na etapa escolar. Sendo assim, decidimos investigar o seguinte problema: **Quais fatores podem favorecer a criatividade dos alunos em um ambiente de aprendizagem de modelagem matemática?**

Essa pergunta parte de dois pressupostos:

- A modelagem matemática é um ambiente de aprendizagem de investigação e de reflexão, em que as tarefas são abertas, propensas ao desenvolvimento de habilidades por parte dos alunos; e
- Todo ser humano é criativo, diferindo apenas em grau e “que a extensão em que a criatividade floresce depende largamente do ambiente” (ALENCAR, 2007, p. 47). Isso significa que criatividade também se aprende, uma vez que ela pode ser desenvolvida conforme o ambiente em que o indivíduo está inserido.

Para responder a questão de pesquisa, elencamos os seguintes **objetivos**:

- i) Identificar evidências de criatividade;
- ii) Identificar quais foram os fatores importantes para que houvesse esse momento criativo, levando em consideração a literatura consultada;

⁴ Skovsmose (2000) diferencia dois tipos de abordagens em sala de aula: o paradigma do exercício e a abordagem de investigação. O paradigma do exercício tem seu foco na transmissão de ideias e técnicas matemáticas seguida da resolução de exercícios selecionados, nos quais só há uma e somente uma resposta correta.

⁵ Expressão usada pela primeira vez, pelo autor, em FREIRE (1994).

- iii) Apontar, se existirem, novos fatores que podem colaborar para a expressão da criatividade dos alunos.

Para alcançar os objetivos indicados, apresentamos a concepção de modelagem matemática como um ambiente de aprendizagem segundo Barbosa (2001) e, ainda, a visão de criatividade de alguns autores da Psicologia e da Matemática. Para dar suporte a esse estudo a fim de que possamos identificar aspectos relativos à criatividade, produzimos quadros-síntese⁶ que reúnem informações do que caracterizam aspectos de criatividade a partir das contribuições desses autores.

1.1 Justificativa e motivação para a pesquisa

Antes de entrar para o Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática (PPGEMAT/UFRGS), eu⁷ não tinha nem conhecimento nem experiência com o tema dessa dissertação. Quando me formei no curso de licenciatura em matemática em 2013 na UERJ⁸, meu trabalho de conclusão de curso foi sobre jogos e softwares para o ensino de trigonometria e eu até tinha a intenção de seguir pesquisando sobre este assunto no mestrado ou algo na área de jogos na matemática, porém eu conheci a modelagem matemática. Eu não tive um curso de modelagem matemática na universidade em que me graduei, por isso ao entrar para o mestrado da UFRGS, fiquei admirada ao aprender sobre as perspectivas de modelagem na Educação Matemática. Passei a estudar mais sobre o assunto e, enquanto isso, meu orientador me apresentou uma dissertação⁹ de dez anos atrás que combinava os assuntos: modelagem matemática e criatividade. Essa combinação me chamou a atenção, pois eu estava gostando cada vez mais da ideia de modelagem na Educação Matemática, e achei interessante relacionar com criatividade.

Eu tinha a visão de criatividade como algo apenas relacionado ao artesanato e ao desenho. Entretanto percebi que a criatividade não é apenas como se define no senso comum, ela pode ser algo a ser desenvolvido e aprimorado, inclusive, em uma aula de matemática. Comento isto, pois eu tive uma experiência durante uma aula na disciplina de análise combinatória, no primeiro semestre do mestrado. A professora pediu que elaborássemos

⁶ Ver quadros-síntese na seção 2.2.

⁷ O texto está em primeira pessoa do singular, pois se trata da trajetória pessoal da orientanda de mestrado.

⁸ Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

⁹ Essa dissertação é mencionada nesta pesquisa no capítulo que fala de Criatividade em tarefas de modelagem matemática.

questões (e suas soluções) baseadas em um tema escolhido por cada aluno. Dessa tarefa saíram muitas questões criativas – que nós, professores¹⁰ em formação continuada, poderíamos usar em sala de aula com nossos alunos, ou até sugerir que eles criassem suas próprias questões para resolver. Essa situação também foi uma das razões para eu desenvolver essa pesquisa envolvendo criatividade e modelagem matemática.

Assim, encontrei os referenciais teóricos da criatividade, da área da Psicologia e, também, da Matemática, além de optar pelo ambiente de aprendizagem de modelagem matemática segundo Barbosa (2001).

Dentre as muitas perspectivas de modelagem matemática, escolher Barbosa (2001) foi a nossa primeira opção, pois meu orientador já tinha experiência com a visão sociocrítica que Barbosa traz em seus estudos. Outro motivo foi por uma opção particular, pois percebi que essa é uma – senão a melhor – forma de inserir os alunos na realidade fora da escola, trazendo temas sociais para a aula de matemática e ajudando-os a desenvolver a criticidade e a reflexão acerca de temas sociais, pois um dia eles estarão em posição de tomar decisões e atitudes para o bem pessoal e para o coletivo. Além disso, acredito que em se tratando de questões sociais, soluções criativas muitas vezes são necessárias para solucionar problemas, e desenvolver a crítica e a reflexão nos alunos, enquanto desenvolve a criatividade pessoal, faz-se necessário para o futuro deles.

1.2 Estrutura da dissertação

Nesse capítulo introdutório fazemos uma apresentação do que se pensa no senso comum sobre a criatividade e do que não queremos que pensem dela, sobretudo no âmbito escolar. Expomos, brevemente, o potencial do ambiente de modelagem matemática para o desenvolvimento da criatividade. Apresentamos a pergunta diretriz, os objetivos da pesquisa, a justificativa e a motivação para realizar esta pesquisa.

No capítulo 2 apresentamos os aportes teóricos da pesquisa, em que mostramos a concepção de criatividade sob a perspectiva da Psicologia e da Matemática, além de produzir quadros-síntese dos aspectos relativos à criatividade que consideramos para a análise dos dados. Também trazemos a concepção de modelagem matemática adotada nesta pesquisa.

¹⁰ A maioria dos colegas já atuava como docentes em escolas, outros concluíram a graduação e começaram o mestrado em seguida.

No capítulo seguinte, apresentamos a criatividade em tarefas de modelagem matemática, capítulo no qual trazemos algumas produções dos programas de pós-graduação brasileiros que encontramos e que o foco do estudo foi a criatividade em modelagem matemática.

A metodologia e os procedimentos são apresentados no capítulo 4, em que descrevemos a forma como produzimos, coletamos e analisamos os dados. Também voltamos a enunciar o problema de pesquisa, os pressupostos em que nos apoiamos para estudar este problema e os objetivos que traçamos.

No capítulo 5 fazemos a descrição dos seis relatos de experiência selecionados, dividindo-os em seções, e os analisamos segundo a metodologia de análise que escolhemos. No capítulo 6 descrevemos a prática didática desenvolvida e fazemos a análise dos dados coletados.

No capítulo seguinte, sintetizamos nossas observações fazendo a análise geral dos dados. Voltamos à questão de pesquisa para respondê-la e buscamos dialogar sobre os aspectos observados acerca da criatividade em modelagem matemática. Ao final deste capítulo, apresentamos nosso entendimento para criatividade em modelagem matemática e sugerimos propostas de trabalho que possibilitem a expressão criativa dos alunos.

No capítulo 8 apresentamos nossas considerações finais acerca do que foi estudado, retomando alguns tópicos para fechamento do trabalho. E, finalmente, apresentamos a bibliografia consultada, os apêndices e anexos com o plano de aula que corresponde à parte prática dessa pesquisa, bem como os termos de aceite e autorizações dos participantes da prática.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Essa pesquisa foi fundamentada nos aportes teóricos da área da criatividade e da modelagem matemática. Por ser um assunto com várias perspectivas, não assumiremos nenhuma definição para criatividade, mas vamos articular as várias definições que encontramos para nos guiar durante as análises dos dados. A seguir, abordaremos cada assunto.

2.1 Criatividade

A criatividade é um assunto que vem sendo estudado desde a segunda metade do século XX por muitos pesquisadores internacionais, sobretudo da área da Psicologia. Desde então, estudos foram promovidos com crianças, com homens e com mulheres, com profissionais como arquitetos, cientistas, matemáticos, escritores, artistas plásticos, entre outros. Inclusive foram observados a vida e os feitos de pessoas famosas como Albert Einstein, Wolfgang Amadeus Mozart e Thomas Jefferson (ALENCAR; FLEITH, 2003).

Por sua complexidade, definir o que é criatividade não é fácil, inclusive porque sua definição pode variar conforme a cultura e a época (LUBART, 2007). No *Grand dictionnaire de la psychologie*, encontramos a definição de que criatividade é a “capacidade de produzir obras novas, de usar novos comportamentos, de encontrar novas soluções para um problema” (BLOCH, 1992, p. 212, tradução nossa¹¹). Semelhantemente, *The Cambridge Dictionary of Psychology* caracteriza a criatividade como a “capacidade de produzir nova arte, ideias, técnicas ou outras produções que sejam úteis, esteticamente atraente, significativa e correta dentro de um conhecimento particular” (MATSUMOTO, 2009, p. 141, tradução nossa¹²).

Observando estas duas definições, percebemos que elas vão de encontro ao que caracterizaríamos ser criatividade no senso comum. Muito além de caprichos artísticos ou a simples associação à criação de algo novo, essas duas definições afirmam que a criatividade é uma capacidade. Apesar de estas e outras definições apresentarem um entendimento de que a

¹¹ Tradução nossa de “*Capacité de produire des oeuvres nouvelles, d’user de comportements nouveaux, de trouver des solutions nouvelles à un problème*”.

¹² Tradução nossa de “*The capacity to produce new art, ideas, techniques, or other products which are useful, aesthetically appealing, meaningful, and correct within a particular field*”.

criatividade é uma capacidade, compreendemos que esse termo¹³ está mais associado ao potencial de se fazer algo, mas não é esta visão acerca da criatividade que queremos passar nesta pesquisa. Ainda que alguns dicionários tomem o termo capacidade como sinônimo de habilidade, criatividade está mais associada ao termo habilidade, como veremos adiante. Em Bueno (1996), vemos que habilidade é “inteligência; capacidade; **jeito**; destreza; conhecimento técnico” (BUENO, 1996, p. 335, grifo nosso), ou seja, habilidade está mais para o jeito ou o aprendizado que alguém já possui para lidar com algo. Podemos inferir, dessa forma, que a criatividade está relacionada ao uso de habilidades¹⁴ para criação de uma ideia ou um produto novo e útil. Mas essas habilidades são inerentes ao indivíduo? Elas podem ser desenvolvidas? Se sim, o ambiente pode contribuir para esse desenvolvimento? A criatividade acontece do nada, ou há um caminho para ser feito até que ela se manifeste? Perguntas como estas nos levam a pensar que criatividade não é apenas sobre a criação de um produto novo e útil. Ela envolve, portanto, outros aspectos.

As diversas definições de criatividade podem se enquadrar em quatro categorias (ou dimensões) (NOVAES, 1971). São elas: **a pessoa que cria; o processo criativo; o produto criado; e as influências ambientais**. Cada uma delas é importante para que a criatividade apareça. No que diz respeito à pessoa que cria, as atitudes emocionais, os traços de personalidade, os valores e os aspectos do temperamento são enfatizados. No processo criativo, o pensamento, as motivações e a percepção são destacadas. As invenções, as obras artísticas e as inovações científicas estão relacionadas ao produto criado. Por fim, os aspectos educacionais, sociais e culturais fazem menção às influências ambientais.

Outra maneira de enxergar estas categorias é fazendo as seguintes perguntas¹⁵ (KAUFMAN, 2016):

- Quem é criativo? (Pessoa).
- Como somos criativos? (Processo).
- O que é criativo? (Produto)
- Onde somos criativos? (Lugar)

Em outras palavras, Kaufman (2016) conclui que a “criatividade é o **como** (habilidades e processo) e o **onde e quando** (ambiente) feito por **alguém** (indivíduo ou grupo)

¹³ O dicionário Aurélio define capacidade como “Qualidade que uma pessoa ou coisa tem de possuir para determinado fim; habilidade, aptidão” (FERREIRA, 1999, p. 395).

¹⁴ Neste texto não associamos a criatividade à capacidade, por isso, quando a palavra capacidade surgir, referenciaremos o autor que a usa.

¹⁵ Kaufman (2016) apresenta estas perguntas usando os 4 P’s (em inglês), que ajudam a moldar como criatividade é conceituada: Person: Who is creative?; Process: How are we creative?; Product: What is creative?; Press or Place: Where are we creative? (KAUFMAN, 2016, p. 16).

que fez **algo** (um produto específico, novo e útil)” (KAUFMAN, 2016, p. 17, tradução¹⁶ e grifo nosso).

Além de conceituar a criatividade sob esses quatro aspectos apontados, outra forma de concebê-la é a diferenciação da palavra com C maiúsculo e com c minúsculo¹⁷. Csikszentmihalyi (2015) faz essa diferenciação. A Criatividade com C maiúsculo, ou a criatividade cultural, refere-se a ideias ou produtos originais que são valorizados pela sociedade ou por algum segmento influente dela. O autor, ainda, afirma que esta é a mais importante para a vida humana e é a que mais se conhece. A criatividade com c minúsculo, ou criatividade pessoal, se refere às novas ideias ou experiências que qualquer pessoa pode ter e que não requer exposição. Esse tipo de criatividade traz grande diferença na qualidade de vida do indivíduo.

Da mesma forma, Kaufman (2016) apresenta essa conceituação de criatividade por meio dessa diferenciação. Para o autor, Criatividade com C maiúsculo é a que surge em grande escala e é dita como genial. É do tipo que dura gerações e que pode ser lembrada e desfrutada por anos. O autor cita Mozart, Jane Austen, Louis Armstrong e Einstein como referência a pessoas que demonstraram Criatividade. Em contraste, criatividade com letra minúscula é dita como a criatividade diária. Neste nível, todos podem ser criativos, como fazer uma casa para passarinhos, cozinhar uma interessante refeição ou contar histórias de dormir. Acreditamos que essa criatividade pode ser a que comumente nos referimos no senso comum da palavra.

Apesar da diferenciação da palavra criatividade com C maiúsculo e com c minúsculo, não vamos distinguir a palavra pela primeira letra. Por isso, neste texto usaremos sempre a palavra com c minúsculo.

A seguir, para entender melhor sobre essas categorias vamos apresentar o que alguns autores assumem como criatividade. São muitas visões que articulamos de modo a nos ajudar a compreender esse assunto.

¹⁶ Traduzido do inglês: “in other words, creativity is the how (ability and process) and the where and when (environment) made by the who (individual or group) making the what (a specific product both new and useful). (KAUFMAN, 2016, p. 17).

¹⁷ No inglês, *Capital C* ou *Big-C* (criatividade com C maiúsculo) e *lowercase c* ou *little-c* (criatividade com c minúsculo) (CSIKSZENTMIHALYI, 2015, p. 239).

2.1.1 O que é criativo? (Sobre o produto)

A criatividade é tradicionalmente vista como a criação de uma ideia ou produto novo e útil (KAUFMAN, 2016). É como Stein (1974) afirma, caracterizando a criatividade como a criação de algo novo, aceito como útil para uma quantidade de pessoas em um dado momento. Semelhantemente, Amabile (2018) considera que “um produto ou resposta será considerado criativo na medida em que (a) for uma resposta nova e apropriada, útil, correta ou valiosa para a tarefa em questão, e (b) a tarefa é heurística e não algorítmica” (AMABILE, 2018, p. 35, tradução nossa¹⁸). Nota-se nestas duas definições que o novo e o útil são termos importantes quando se fala sobre o produto criado.

Outros autores, como Martínez (1997) tem a mesma percepção e afirma que a criatividade é um processo de descoberta ou produção de algo novo, que cumpre exigências de uma situação social dada. Semelhantemente, Mackinnon (1962) considera criatividade sob três condições: envolve uma resposta ou uma ideia nova ou pelo menos estatisticamente infrequente; a resposta deve adaptar-se à realidade para resolver um problema ou realizar algum objetivo reconhecível; e envolve avaliação, elaboração e desenvolvimento do *insight* original. Dessa forma, percebemos que o conceito de criatividade, na visão desses quatro autores, abrange necessariamente originalidade (produção de algo novo), adaptabilidade (utilidade) e realização (que tem ligação com a adaptabilidade, pois é necessário que algo novo seja útil para resolver alguma situação, ou seja, tenha um objetivo).

Estes autores caracterizam a criatividade não só como a produção de algo novo, mas também de um produto válido para a resolução de um problema ou necessidade atual. Em outras palavras, poderíamos dizer que a criatividade é o resultado de uma multiplicação do tipo **criatividade = originalidade × adequação**. Se houver zero originalidade ou zero adequação, o resultado será zero criatividade (SIMONTON, 2012).

É necessário notar, ainda, que para responder à pergunta “o que é criativo?” depende do **juízo do produto ou da ideia**. Este poderia ser considerado junto às demais categorias que caracterizam a criatividade ou, ainda, uma condição para dizer o que é criativo. Observemos que alguns autores simplificam o significado da criatividade como sendo a novidade criada por um indivíduo e um meio social a avalia (BRANNIGAN, 1981; CSIKSZENTMIHALYI, 1988; KASOF, 1995 apud CSIKSZENTMIHALYI, 2015). Ou seja,

¹⁸ Tradução nossa de “a product or response will be judged as creative to the extent that (a) it is both a novel and appropriate, useful, correct or valuable response to the task at hand, and (b) the task is heuristic rather than algorithmic”.

avaliar envolve julgar. Apesar de não ter embasamento teórico explícito de que o julgamento da ideia ou produto é uma subcategoria do produto criado, observando esta e outras definições de criatividade (que já observamos) consideraremos o julgamento (do produto) uma importante ferramenta para conceituar criatividade. Além disso, podemos concordar que para uma determinada situação, para um determinado problema a ser resolvido, para um determinado tempo e cultura, julgamos o que é criativo baseando-se tanto nas quatro categorias mencionadas, quanto na avaliação (por isso, o julgamento) de sua utilidade, necessidade, eficiência ou, ainda, por se destacar mais do que outras ideias recém-criadas. Por exemplo, uma criação hoje pode não ser útil (julgamento) e por isso não ganha o *status* de uma produção criativa, mas daqui a alguns anos, ela poderá ser precursora para a produção de inovações.

Todavia, a criatividade não se manifesta apenas no produto. Alguns autores acreditam que ela surge como um processo de várias ações que colaboram para a produção criativa. Outros acreditam que características pessoais têm influências sob a criação. Na seção seguinte, veremos o que caracteriza uma pessoa criativa.

2.1.2 Quem é criativo? (Sobre a pessoa)

Desde a segunda metade do século XX até hoje, muitos estudos foram realizados a fim de compreender o que é criatividade e como ela surge. Torrance (1965 apud ALENCAR; FLEITH, 2003, p. 14), concentrou seus estudos em criatividade no público infantil. Ele a conceitua como “um processo de se tornar sensível a problemas, deficiências e lacunas no conhecimento; identificar a dificuldade”. Assim, para o autor, a criatividade surge a partir de fatores individuais, e a pessoa considerada como criativa possui a sensibilidade para ver o erro, o problema, identificar a falha ou a necessidade a fim de solucioná-la.

No processo de se tornar sensível a problemas, o pensamento criativo ganha destaque, pois é ele que leva à sequência de ações: busca de soluções, elaboração de suposições, formulação e teste de hipóteses (TORRANCE, 1974). Guilford (1968 apud NOVAES, 1971 p. 54) caracteriza esse pensamento criativo como consequência do pensamento divergente, que, por sua vez, tende “à busca de todas as soluções possíveis, além da multiplicidade de respostas originais”. Já o pensamento convergente tende ao conformismo e se move em direção a uma resposta determinada ou convencional quando dissociado do pensamento divergente. Porém quando este pensamento convergente está associado ao pensamento

divergente, ele é importante uma vez que é ele que, de certo modo, determina em qual das diferentes ideias, produtos, encaminhamentos pode-se investir para poder ter uma solução. Assim, sem o pensamento convergente não se finaliza nada. O que denota sua importância também quando falamos de criatividade.

Guilford (1967 apud ALENCAR; FLEITH, 2003), ainda, destaca as habilidades inerentes ao potencial criador (conjunto de habilidades e traços de personalidade). São eles: a fluência; a flexibilidade; a originalidade (os três são aspectos do pensamento divergente); a capacidade de elaboração, de redefinição e a sensibilidade para problemas. Para melhor compreensão, vamos descrever essas habilidades do potencial criador, dando exemplos de como o aluno demonstra cada habilidade em matemática:

- a) Fluência: habilidade do indivíduo para gerar um número grande de ideias diferentes sobre um mesmo assunto.

Imagine todas as informações relacionadas ao número 2, por exemplo: ele é primo, é par, é inteiro, natural, é racional, os sufixos bi-, di-, duo- se referem a 2, é a base para o código binário; não é quadrado perfeito, não possui raiz quadrada exata, etc. Essa quantidade de informações dadas em um curto espaço de tempo denota fluência.

- b) Flexibilidade: implica romper com um padrão de pensamento, visualizando o problema sob vários enfoques. Implica uma mudança de algum tipo, uma mudança de significado na interpretação ou no uso de algo.

Na matemática, por exemplo, um aluno comumente efetua uma simples subtração, por exemplo, $(300 - 147)$ da maneira que foi ensinado, como podemos ver na figura 1 à esquerda. Porém, outra forma de resolvê-la é da forma apresentada na figura 1 à direita. O aluno que resolve da maneira como é mostrada na figura 1 à direita, ou mesmo de outra forma, denota flexibilidade, pois rompeu com o padrão de pensamento ao efetuar-la de forma diferente.

Figura 1 – Efetuando de maneiras distintas.

$$\begin{array}{r} \cancel{3}00 \\ -147 \\ \hline 153 \end{array} \quad \begin{array}{r} 300 \\ -147 \\ \hline 153 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 300 \\ -100 \\ \hline 200 \\ -40 \\ \hline 160 \\ -7 \\ \hline 153 \end{array}$$

Fonte: dos autores.

c) Originalidade: apresentação de respostas incomuns e remotas.

Quando se está aprendendo o conteúdo potenciação e suas regras, os alunos tendem a resolver expressões numéricas da mesma maneira. No quadro 1 a seguir, a expressão numérica $\frac{2 \times 2^2 \times 2^3}{4^2}$ é, corriqueiramente, resolvida das seguintes formas:

Quadro 1 – Duas formas comuns de resolução.

$\frac{2 \times 2^2 \times 2^3}{4^2} =$ $= \frac{2 \times 4 \times 8}{16}$ $= \frac{64}{16}$ $= 4$	$\frac{2 \times 2^2 \times 2^3}{4^2} =$ $= \frac{2^6}{4^2}$ $= \frac{2^6}{(2^2)^2}$ $= \frac{2^6}{2^4}$ $= 2^2$ $= 4$
--	---

Fonte: dos autores.

À esquerda, vemos a solução para a expressão numérica apenas realizando as potências, sem uso de propriedades. À direita, vemos a solução para a mesma expressão usando uma das propriedades de potência. Porém, existem outras formas de resolver esta mesma expressão que envolve muito mais detalhes, apresentando um caminho totalmente diferente e incomum para a resolução da expressão numérica. Uma resolução, que podemos chamar de original, vemos no quadro 2 a seguir:

Quadro 2 – Uma forma original de resolução para a expressão numérica.

$$\frac{2 \times 2^2 \times 2^3}{4^2} =$$

Como $2 \times 2^2 = 2^2 + 2^2$ e $2^3 = 2 \times 2^2 = 2^2 + 2^2$, faremos:

$$= \frac{(2^2 + 2^2) \times (2^2 + 2^2)}{4 \times 4}$$

$$= \frac{(4 + 4) \times (4 + 4)}{(4 + 4 + 4 + 4)}$$

$$= \frac{8 \times 8}{16}$$

$$= \frac{64}{16}$$

$$= 4$$

Fonte: dos autores.

Apesar de esta resolução ter ocupado algumas linhas a mais, o seu desenvolvimento pode ser considerado original, pois o modo como ela foi resolvida não é feito de maneira frequente por alunos que tem a mesma aprendizagem em potenciação.

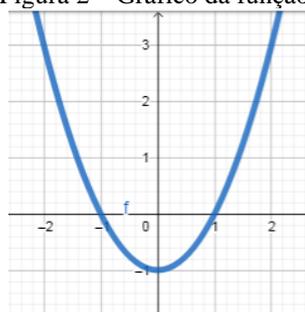
- d) **Elaboração:** consiste na facilidade em acrescentar uma variedade de detalhes a uma informação, produtos ou esquemas.

Para exemplificar essa característica, usando o conceito de escala, pense em uma maquete que representa uma construção qualquer. Quanto mais detalhes são colocados nela, mais elaborada essa maquete é considerada.

- e) **Redefinição:** implica em transformações, revisões ou outras modalidades de mudança da informação.

Em matemática, por exemplo, a redefinição pode ser encontrada quando há conversões entre a função no formato algébrico e no formato gráfico. Por exemplo, a função $y = x^2 - 1$, é a forma algébrica e na figura 2 podemos ver seu gráfico no plano xy . O aluno que consegue fazer tais conversões, tem a capacidade de redefinição.

Figura 2 – Gráfico da função.



Fonte: dos autores.

- f) Sensibilidade a problemas: diz respeito à habilidade de ver defeitos, deficiências e questões em uma situação na qual usualmente não se percebem problemas.

Indivíduos com essa característica tendem a questionar o óbvio, reconhecer deficiências e defeitos, tem desconforto diante de qualquer incongruência. Por exemplo, um aluno que demonstra sensibilidade para ver problemas, ao se deparar com uma questão como a que apresentamos na figura 3, prontamente perceberá a incongruência do que é pedido: a soma de 3 números ímpares nunca resultará em um número par!

Figura 3 – Desafio da soma.

$$\square + \square + \square = 40$$

Complete os 3 retângulos com os números 1,3,5,7,9,11,13,15, podendo repetir os números quantas vezes quiser, até que a soma dê 40.

Fonte: dos autores.

Kelley e Kelley (2013) acreditam que todas as pessoas são criativas e que temos muito potencial criativo à espera de ser explorado. Neste sentido, a criatividade vai além das capacidades intelectuais (habilidades cognitivas relacionadas ao pensamento criativo) de uma pessoa, ela é uma combinação particular de fatores relevantes do indivíduo (LUBART, 2007). Essa combinação também envolve traços de personalidade, além do contexto ambiental em que o indivíduo está inserido.

Sobre os traços de personalidade, Csikszentmihalyi (2015) acredita que a curiosidade seja, talvez, a característica mais relevante dos indivíduos criativos, seguida do interesse e do entusiasmo. Taylor (1963 apud NOVAES, 1971) concorda que a curiosidade intelectual seja uma importante característica e, ainda, aponta como traços da personalidade criativa o indivíduo que tem habilidade de reestruturar ideias, independência de pensamento, capacidade de imaginação e espírito de humor. Outros traços de personalidade como iniciativa,

independência de pensamento e ação, flexibilidade, persistência e autoconfiança foram apontados em Alencar (1998), assim como coragem para lidar com o desconhecido, a automotivação, e habilidades cognitivas ligadas ao pensamento divergente como raciocínio analítico e crítico. Segundo a autora, pessoas com estas características tem maior chance de expressar e desenvolver suas ideias criativas.

Outro autor que chama a atenção para estas e outras características é Mackinnon (1965, 1967, 1975 apud ALENCAR; FLEITH, 2003) que, em seus estudos com arquitetos, notou traços de personalidade, caracterizando-os como mais criativos. Alguns desses traços são:

- Intuição;
- Flexibilidade cognitiva;
- Percepção de si mesmo como uma pessoa responsável;
- Persistência e dedicação ao trabalho;
- Pensamento independente;
- Maior tolerância à ambiguidade;
- Espontaneidade;
- Maior abertura às experiências;
- Interesses não convencionais.

Além destes traços, foram ressaltadas a inventividade, a independência, a individualidade, o entusiasmo, a determinação e a capacidade de trabalho.

Barron (1969 apud ALENCAR; FLEITH, 2003) apresenta outros traços de personalidade criativa, semelhantes aos que Mackinnon apontou anteriormente, dos quais destacamos:

- Maior tolerância à desordem e à complexidade;
- Alto grau de energia;
- Abertura aos impulsos e às fantasias;
- Intuição;
- Espontaneidade;
- Maior grau de originalidade.

Costumava-se pensar na criatividade como sendo fruto de uma inspiração repentina, uma ideia que surge do nada, que apenas pessoas geniais conseguiam ter, ou que a criatividade é um dom e que a pessoa nasce criativa. Maslow (1968 apud ALENCAR; FLEITH, 2003) discorda e acredita que a criatividade não é só iluminação e inspiração. Ela

necessita de muito trabalho, treino, atitude criativa e padrões perfeccionistas. E além do conhecimento, é necessário tanto traços de personalidade como características cognitivas. Esse pensamento é semelhante ao de Thomas Edison, que dizia que a criatividade é 99% de transpiração (muito trabalho e treino) e 1% de inspiração (iluminação, ideia de surge do nada). Também se entende por “transpiração” a perseverança do indivíduo durante a realização de uma tarefa (LUBART, 2007).

Em um estudo com 64 estudantes do curso de engenharia (de uma universidade pública e de uma instituição superior de ensino particular), Alencar e Fleith (2008) mostraram que características cognitivas (envolvendo a personalidade dos estudantes) como inteligência, extroversão, senso de humor, autoconfiança e abertura a novas ideias favoreceram a criatividade. As autoras ainda apontam que a insegurança, o medo de ser criticado ou de expressar ideias, falta de flexibilidade, de curiosidade ou de intuição e, ainda, atributos de caráter cognitivo como “ser muito racionalista”, não ter pensamento crítico ou falta de abstração prejudicam a criatividade. Isso mostra, segundo este estudo, que tais componentes emocionais e cognitivas são características importantes da personalidade criativa.

Além de todas essas características apresentadas, é importante que destaquemos ainda que, segundo Taylor (1964), características motivacionais¹⁹ também fazem parte da natureza da pessoa criativa. A motivação pode ser intrínseca ou extrínseca.

Amabile (2012) concorda que a motivação, especialmente a intrínseca, leva a pessoa a se envolver com a tarefa por meio do interesse. Ela surge, ainda, pelo valor percebido pelo indivíduo (a tarefa é agradável, é satisfatória, é desafiadora) (AMABILE; PILLEMER, 2012). Sternburg (2006) acrescenta que pessoas fazem um trabalho verdadeiramente criativo em uma área quando realmente amam o que estão fazendo, focando no trabalho em vez das recompensas. Já a motivação extrínseca surge de fontes externas, como a promessa de recompensas, elogios, ou mesmo a ameaça de não cumprir em um prazo, ou até por receber uma avaliação negativa (AMABILE; PILLEMER, 2012).

Kaufman (2016) acredita que a motivação intrínseca ajuda a criatividade, pois ela libera as pessoas de preocupações com o contexto de uma situação e essa liberdade permite que as pessoas se concentrem na tarefa principal. Semelhantemente para Amabile (2018),

¹⁹ Neste estudo não temos a intenção de fazer grandes aportes sobre a motivação. Entendemos que a motivação pode ser intrínseca ou extrínseca e que ao trazer para esta pesquisa estamos tratando de outro assunto delicado e complexo. Aqui queremos expor a motivação como algo relacionado ao desejo de realização, à decisão de fazer, ao interesse em se envolver com algo que lhe agrada. Na seção 2.3, em que trazemos características de um ambiente de aprendizagem em modelagem matemática e das tarefas propostas, vamos ver que o interesse em se envolver com tarefas de modelagem e a aceitação ao convite de fazer modelagem está ligado à motivação do aluno. Dessa forma, compreendemos que características motivacionais estão ligadas ao interesse que o indivíduo tem em realizar um feito.

enquanto a motivação interna propicia a criatividade, a externa é prejudicial, pois quaisquer incentivos externos, como pressão, prazos, pressão dos colegas na sala de aula causariam redução da motivação intrínseca e, conseqüentemente, da criatividade.

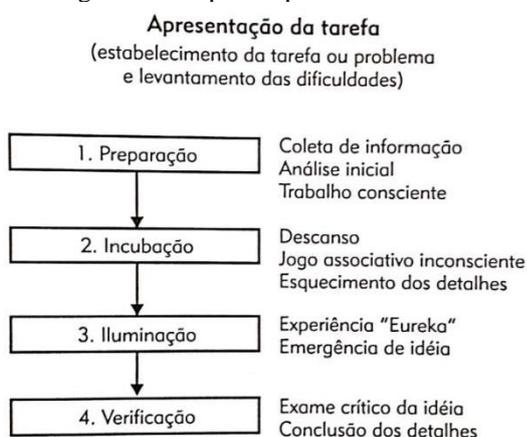
Na seção seguinte, discutiremos sobre como a criatividade ocorre (etapas do processo criativo).

2.1.3 Como somos criativos? (Sobre o processo criativo)

A pergunta que dá nome a esta seção foca no processo criativo. Como somos criativos e como ocorre a criatividade? Percorrendo um caminho, etapas, passando por um processo. A palavra processo está relacionada ao tempo. É necessário tempo para que um processo ocorra, para que etapas sejam executadas. O processo criativo tem a ver com o caminho ou a forma como é feita para chegar a um produto ou solução, e claro: o tempo é o fator principal nessas etapas. Os autores que destacamos nessa seção têm nomeado as etapas de forma diferente, porém podemos atentar que todas elas têm aspectos em comum: há momentos de pensar, de analisar, de testar, de validar, de comunicar e em todas elas o tempo é o protagonista para o processo criativo.

Wallas (1926, 1973 apud STEIN, 1974) considera quatro etapas do processo criativo, como vemos na figura 4: a preparação, em que o problema será investigado em todas as direções; a incubação, na qual nenhum pensamento consciente é dedicado ao problema, mas inconscientemente sim; a iluminação, quando ocorre a ideia ou solução, de forma instantânea e inesperada; e a verificação, na qual a validade da ideia é testada.

Figura 4 – Etapas do processo criativo.



Fonte: LUBART (2007, p. 95).

Observamos neste esquema da figura 4 a importância do tempo para o pensar (momento da iluminação) ou não pensar (momento da incubação) no problema. O mesmo ocorre em uma tarefa em sala de aula, pois como havíamos observado, para a criatividade emergir é necessário muito trabalho e treino, e isso requer tempo. Sendo assim, a falta de tempo é um empecilho para o desenvolvimento da criatividade do indivíduo.

Para Stein (1974), a criatividade se manifesta em três etapas. São elas: formar hipóteses; testar as hipóteses; e comunicar os resultados. A formação de hipóteses começa após a preparação e termina com a formação de uma ideia ou plano. O teste de hipóteses envolve determinar se a ideia valerá ou não. A comunicação envolve a apresentação do produto para que outros possam reagir e possivelmente aceitá-lo.

Amabile (2012) apresenta etapas do processo criativo: a análise do problema a ser resolvido; a preparação para resolver o problema reunindo informações e melhorando habilidades necessárias; a geração de ideias para resolver o problema, teste ou validação da solução escolhida e comunicação dessa solução a outras pessoas. A autora ainda afirma que essa sequência não é rígida, e que o processo pode ocorrer em qualquer ordem e quantas vezes forem necessárias até que um resultado criativo seja alcançado.

Notamos que uma relevante etapa do processo criativo é a comunicação das ideias para que possam aceitá-la. Percebemos que essa última etapa tem relação com o julgamento do produto ou ideia. É necessário, depois de todas essas etapas, comunicar e aguardar o julgamento para saber se resultou em algo realmente criativo ou se deve voltar atrás, repetir as etapas e apresentar uma nova ideia ou produto, para novamente ser avaliado (julgado) após a comunicação.

Alencar e Fleith (2003, p. 47) sintetizam o entendimento do processo criativo trazida pelos autores mencionados anteriormente, e é entendida como o “resultado da interação de fatores individuais e ambientais, que envolvem aspectos cognitivos, afetivos, sociais, culturais e históricos”. As autoras apresentam elementos essenciais que caracterizam o processo criativo:

- Ele (o processo) não ocorre de maneira sistematizada e organizada do começo ao fim. As etapas descritas anteriormente não seguem, necessariamente, uma sequência linear;
- Condições favoráveis à criação, como disponibilidade de tempo e de recursos devem ser levadas em consideração;
- Motivação intrínseca é um fator importante;
- No decorrer do processo, observa-se a conjugação de aspectos cognitivos e afetivos;
- Bagagem de conhecimento sobre a área investigada é essencial para o desenvolvimento e para a implementação de novas ideias;
- Estratégias metacognitivas, como monitoramento e avaliação, são utilizadas em diferentes momentos do processo. (ALENCAR; FLEITH, 2003, p. 56)

As autoras mostram que, no processo criativo, devem ser levados em consideração outros fatores além do tempo para cumprir as etapas. É preciso: conhecimento sobre o assunto pesquisado e motivação para realizar a tarefa; as características da personalidade criativa emergem durante o processo; é preciso também recursos que condicionem favoravelmente a expressão da criatividade; e, ainda, a avaliação (julgamento). As autoras articulam não somente as etapas que os outros autores mencionaram, mas também outras componentes devem ser levadas em consideração durante o processo criativo.

Normalmente, o processo criativo ocorre sob influências externas. Para que ocorra a criatividade deve-se considerar o ambiente em que o indivíduo está inserido e suas características. Na seção seguinte, enunciaremos as características de um ambiente que pode facilitar a expressão da criatividade, sobretudo em sala de aula.

2.1.4 Quando e onde somos criativos? (Sobre as influências ambientais)

A importância para o desenvolvimento do potencial criador também está no ambiente. A criação de um ambiente harmonioso, estimulador e significativo pode contribuir para o surgimento da criatividade (FLEITH; ALENCAR, 2005).

Em **Escala sobre o clima para criatividade em sala de aula** (FLEITH; ALENCAR, 2005), são apresentados alguns fatores que contribuem para um ambiente criativo, no contexto educacional. Esses fatores foram elaborados por Sternberg (2003), Amabile (1989, 1996), Alencar (1990) e Fleith (2002). Apresentamos, a seguir, algumas de suas ideias:

- Disponibilizar tempo para o pensamento criativo;
- Recompensar ideias e produtos criativos²⁰;
- Encorajar o aluno a correr riscos;
- Aceitar o erro como parte do processo de aprendizagem;
- Identificar interesses;
- Formular problemas;
- Gerar múltiplas hipóteses;
- Fornecer *feedback* construtivo e significativo;

²⁰ A recompensa não é para motivar o aluno a desenvolver seu potencial criativo, pois segundo Sternburg (2006) pessoas que amam o que estão fazendo focam no trabalho a ser feito e não na recompensa. Porém, no contexto educacional, um ambiente que propicia a criatividade deve recompensar ideias e produtos criativos a fim de valorizar as ideias e o trabalho realizado pelo aluno, de modo que ele desenvolva confiança em si mesmo, encorajando-o a se expressar nas aulas. Ao se expressar, o aluno pode desenvolver seu potencial criativo.

- Envolver os alunos na avaliação do próprio trabalho e na aprendizagem através dos próprios erros;
- Enfatizar cooperação ao invés de competição;
- Prover a sala de aula com material diversificado e abundante;
- Encorajar os alunos a compartilhar seus interesses, experiências, ideias e materiais em sala de aula;
- Prover oportunidades de experiências de aprendizagem próximas às da vida real;
- Prover um ambiente de aprendizagem que seja percebido como importante e divertido;
- Proteger o trabalho criativo do aluno da crítica destrutiva;
- Possibilitar ao aluno participar na escolha dos problemas a serem investigados.

Alencar (1990) afirma que para encorajar a criatividade do aluno é preciso criar um clima em sala de aula. A autora apresenta alguns procedimentos para que o ambiente possa ser receptivo a novas ideias:

- Dar chance ao aluno para levantar questões, elaborar e testar hipóteses, discordar, propor interpretações alternativas, avaliar fatos, conceitos, princípios e ideias;
- O professor deve respeitar as ideias dos alunos, mesmo que pareçam irrelevantes ou banais;
- Dar tempo ao aluno para pensar e desenvolver suas ideias criativas;
- Criar um ambiente de respeito e aceitação mútua;
- Encorajar os alunos a refletir sobre o que eles gostariam de conhecer melhor, ou temas sobre os quais gostariam de realizar estudos e pesquisas;
- Proteger o trabalho criativo da crítica destrutiva;
- Valorizar o trabalho do aluno tecendo comentários positivos, como “Como você é capaz, habilidoso!” ou “Que ideia original!”;
- Criar um ambiente de sensação de liberdade para arriscar, explorar, experimentar, inovar, sem medo de avaliação ou críticas;
- Permitir a espontaneidade, a iniciativa, o senso de humor, ao invés de manter a ordem, deixando os alunos sentados e quietos;
- Não se deixar vencer pelas limitações no contexto em que se encontra, mas fazer usos dos próprios recursos criativos para contornar as barreiras e dificuldades encontradas.

Torrance (1976) aponta algumas sugestões aos professores de como fomentar a criatividade de seus alunos, das quais destacamos:

- Valorizar o pensamento;
- Ajudar as crianças a tornarem-se mais sensíveis aos estímulos do ambiente;
- Estimular a manipulação de objetos e ideias;
- Ensinar a verificar cada ideia sistematicamente;
- Desenvolver tolerância em relação a novas ideias;
- Desenvolver atmosfera criativa na aula;
- Ensinar a criança a valorizar o seu pensamento criador;
- Sem lhe sacrificar a criatividade, ensinar as crianças habilidades de evitar ou conter as sanções dos colegas;
- Dar informação sobre o processo criativo;
- Criar necessidades de pensamento criador;
- Proporcionar períodos de atividade e calma;
- Tornar disponíveis recursos para elaborar ideias;
- Estimular o hábito de imaginar as plenas implicações das ideias;
- Desenvolver habilidades de crítica construtiva;
- Estimular a aquisição do conhecimento em diversos campos;
- Ter, o próprio professor, espírito aventureiro.

A última sugestão dada por Torrance (1976) é especialmente para o professor refletir sobre sua postura diante dos seus alunos. Não é possível criar um ambiente fomentador da criatividade se o professor não está disposto a arriscar, saindo de sua zona de conforto. Além do mais, o professor pode ser uma barreira à criatividade. Alencar (1990) diz que algumas das barreiras à criatividade no nosso sistema educacional brasileiro é a visão do ensino tradicional, em que o professor é mero transmissor do conteúdo, sendo o centro da aprendizagem. Outras barreiras ainda são: o conteúdo e extensão do programa curricular; ênfase exagerada na disciplina e no “bom comportamento” do aluno; e baixas expectativas do professor com relação ao aluno.

2.1.5 Algumas teorias sobre criatividade

Na busca por um entendimento mais profundo acerca da criatividade, algumas teorias foram elaboradas e testadas, dentre elas a Teoria Componencial da Criatividade, a Teoria do Investimento e a Perspectiva de Sistemas. Nesta seção faremos uma breve explanação do que se trata cada uma delas.

Amabile (2012) desenvolveu uma teoria, chamada **Teoria Componencial da Criatividade**, e nela três componentes são essenciais para a emergência do produto criativo:

- Habilidades de domínio, que dizem respeito ao conhecimento, à habilidade, à inteligência e ao talento especial em uma área;
- Processos ou habilidades relevantes para a criatividade, como estilo cognitivo e traços de personalidade;
- Motivação, especificamente a motivação intrínseca para se envolver com a tarefa por interesse, por prazer ou pelo desafio pessoal.

A autora enfatiza que o ambiente social também coopera para estimular a motivação, atitudes e habilidades criativas, e incentivar o desenvolvimento de novas ideias.

Uma teoria que tem aspectos semelhantes a de Amabile é a **Teoria do Investimento**, de Sternburg e Lubart (1995, apud STERNBURG, 2006), que afirma que a criatividade requer uma junção de seis distintos recursos, mas interligados:

- Habilidades intelectuais: (i) a sintética, para ver os problemas de novas formas e escapar do pensamento convencional; (ii) a analítica, para reconhecer quais ideias valem a pena perseguir e quais não; (iii) a prática contextual, para saber como convencer os outros o valor de suas ideias;
- Conhecimento: por um lado é preciso saber o suficiente sobre um assunto para avançar, por outro, o conhecimento pode resultar em uma perspectiva fechada. Assim, ele pode tanto ajudar como atrapalhar a criatividade;
- Estilos de pensamento: o legislativo, para formular problemas e criar novas regras e maneiras de ver as coisas; o executivo, para implementar ideias, com preferência por problemas que apresentam estrutura clara e bem definida; e o judiciário, que tem preferência por emitir julgamentos, avaliar pessoas, tarefas, regras;
- Personalidade: disposição para superar obstáculos, para assumir riscos sensíveis, para tolerar ambiguidade; autoeficácia;
- Motivação intrínseca: pessoas são mais criativas quando amam o que estão fazendo, não esperando recompensas. A pessoa decide estar motivada por alguma

coisa. Para entender melhor esse pensamento, Sternburg (2006) exemplifica com a seguinte situação: quando uma pessoa precisa realizar um trabalho que não é do seu agrado, mas é necessário fazê-lo, ela decide olhar por um outro ângulo de modo a fazer com que este trabalho não lhe pareça mais desinteressante;

- Ambiente: é necessário um ambiente que seja favorável e recompensador de ideias criativas

De acordo com essa teoria, a criatividade é uma questão de iniciativa, de decisão e todos podem desenvolvê-la.

Podemos perceber uma relação entre estas duas teorias. Elas dão importância a elementos como habilidades, personalidade, motivação e ambiente para que haja a produção de algo criativo. Semelhantemente, a **Perspectiva de Sistemas** é uma teoria que considera a criatividade como o resultado de uma interação entre os pensamentos do indivíduo e o contexto sociocultural. Essa teoria é baseada em três sistemas (CSIKSZENTMIHALYI, 1988, 1996, 1999 apud ALENCAR; FLEITH, 2003): indivíduo; domínio; e campo.

- Indivíduo: Compõe a bagagem genética e as experiências pessoais. Apresenta características afetivas como curiosidade, entusiasmo, motivação intrínseca, abertura a experiências, persistência, fluência de ideias e flexibilidade de pensamento;
- Domínio: consiste em um conjunto de regras e procedimentos de uma área do conhecimento compartilhado pela sociedade.
- Campo: cabe a um grupo de especialistas de uma área de conhecimento ou domínio decidir se uma ideia nova será identificada como criativa e se poderá ser incorporada ao domínio.

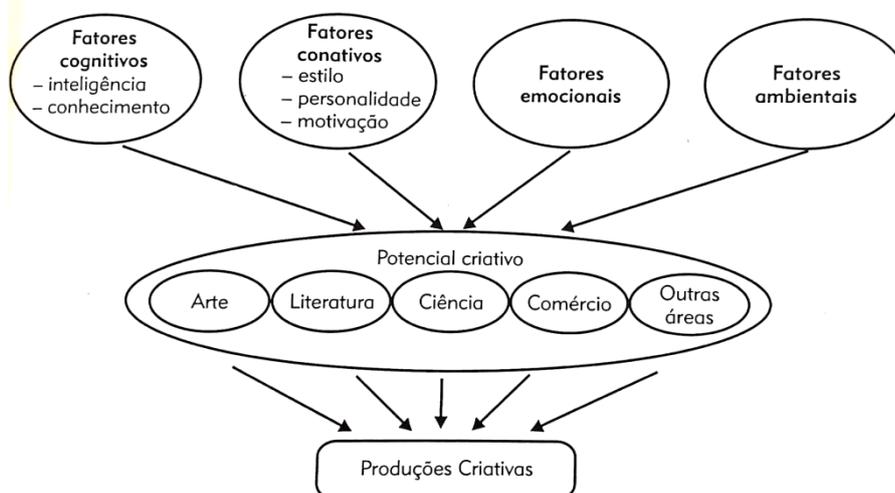
Na teoria de Csikszentmihalyi, o meio social e cultural em que o indivíduo está inserido tem sua importância, pois nele o indivíduo pode ser incentivado ou inibido a se envolver em uma área de conhecimento ou domínio. Além disso, o indivíduo precisa adquirir um conhecimento em algum domínio para que, somado às características afetivas, possa expressar sua criatividade.

Essas três teorias mostram que a criatividade não surge apenas na finalização de um produto, elas estão dentro do que Lubart (2007) chama de abordagem múltipla da criatividade. Ela “requer uma combinação particular de fatores relevantes do indivíduo, como capacidades intelectuais e traços de personalidade, além do contexto ambiental” (LUBART, 2007, p. 17). O autor afirma que

a criatividade depende de fatores cognitivos, conativos, emocionais e ambientais. Cada pessoa apresenta um perfil particular sobre estes diferentes fatores. Cada perfil pode corresponder mais às exigências de uma tarefa dada, assim os potenciais de criatividade de um indivíduo, em diversos campos de atividade, resultam da combinação interativa de diferentes fatores relacionados com as características necessárias para um trabalho criativo em cada campo de atividade. (LUBART, 2007, p. 19-20).

Podemos ver, na figura 5, um esquema com essa combinação de fatores necessários para a ocorrência da criatividade. Concluímos, assim, que estes fatores associados ao domínio em uma área de conhecimento, possibilitam a emergência de produções criativas.

Figura 5 – Representação da abordagem múltipla da criatividade.



Fonte: LUBART (2007, p. 19)

Os fatores cognitivos envolvem a capacidade intelectual e o conhecimento de uma área. Os fatores conativos se referem aos traços de personalidade, aos estilos cognitivos (preferências de um indivíduo por um dado modo de tratamento de informação) e à motivação. Os fatores emocionais reagrupam as noções de estados emocionais, de humor e de características emocionais individuais. Por fim, os fatores ambientais englobam os ambientes familiar, escolar, profissional, social e cultural, além dos instrumentos tecnológicos. Todos os fatores contribuem para o desenvolvimento do potencial criativo e, conseqüentemente, para o produto criativo.

Nessa dissertação, observamos a criatividade que surge em meio a tarefas de modelagem matemática. Assim como na área da Psicologia, na Matemática não há uma definição formal acerca da criatividade. Na seção seguinte, vamos apresentar as considerações de alguns autores sobre o conceito de criatividade estudado em Matemática.

2.1.6 Criatividade em Matemática

Nesta seção, nosso objetivo é expor as visões de autores acerca da criatividade em Matemática. Não há uma definição formal ou unânime. Os autores que apresentaremos possuem distintas ideias, porém não conflitantes.

Em Matemática, as definições que encontramos estão, quase sempre, relacionadas à dedução, à formulação de hipóteses e problemas, soluções incomuns e infrequentes, à percepção e sensibilidade a detalhes, além de envolver o conhecimento necessário sobre o assunto. É o caso da definição de criatividade em Matemática compreendida por Krutetskii (1976):

compreende a capacidade de formular problemas não complicados, encontrar caminhos e meios para resolver esses problemas, inventar fórmulas e teoremas, realizar de forma independente deduções de fórmulas e encontrar métodos originais para resolver problemas não tradicionais. (KRUTETSKII, 1976 apud GONTIJO, 2006a, p. 232).

Percebemos que a criatividade em Matemática está relacionada a uma capacidade de fazer, gerar, formular e resolver, a ações que apenas uma pessoa com o conhecimento necessário conseguiria executar. Aqui, a criatividade já não é vista como um produto acabado, original e de utilidade para algo ou alguém, mas sim algo inerente à pessoa e é em seu feito que a criatividade se manifesta: formular, inventar, encontrar caminhos, métodos originais de resolução.

Semelhantemente, Makiewicz (2004) concebe a criatividade em Matemática como a

atividade de construção, modernização e complementação do sistema de conhecimento por meio da percepção de regularidades, sensibilidade a problemas, formulação de hipóteses e elaboração de justificativas para proposições. Este tipo de criatividade envolve várias formas de atividade humana, que podem ser desenvolvidas por meio das seguintes habilidades: senso de proporção e simetria, habilidade para usar símbolos, visão espacial, compreensão e uso de perspectivas, capacidade de análise, síntese e pensamento abstrato. (MAKIEWICZ, 2004 apud GONTIJO, 2006a, p. 232).

Observamos que este autor compreende a criatividade também como um conjunto de habilidades voltadas para a Matemática, como ter senso de proporção e simetria, saber para usar símbolos, ter visão espacial, compreensão e uso de perspectivas, capacidade de análise, síntese e pensamento abstrato. Com a compreensão que temos até agora sobre o assunto, acreditamos que habilidades como estas não são apenas inerentes à pessoa, podendo ser também desenvolvidas e aprimoradas no indivíduo, pois ele pode aprender e treinar e se aperfeiçoar.

Concordando com Makiewicz a respeito da sensibilidade à problemas, Tammadge (1979 apud HAYLOCK, 1987) afirma que a criatividade em Matemática inclui capacidade de ver novas relações entre técnicas e áreas de aplicação, e fazer associações entre ideias não relacionadas anteriormente. Tem a ver com o olhar minucioso que o indivíduo tem sobre um problema ou situação.

Sriraman (2005) resume, em dois itens, um compilado de definições de criatividade em Matemática:

- i) A habilidade de produzir um trabalho original que amplie significativamente o corpo de conhecimento em Matemática;
- ii) A habilidade de abrir caminhos para novas questões para outros matemáticos.

Diferente das demais definições, os autores que seguem consideram que processos ou estágios executados são o que determinam uma produção criativa. Podemos notar isso quando Hadamard (1954 apud GONTIJO, 2007a, p. 485) relaciona os estágios para a produção criativa – citados por Graham Wallas – com a criatividade em Matemática. Assim, ele definiu os seguintes estágios:

- Preparação: estágio em que é preciso ter um corpo de conhecimentos e um “olhar perspicaz”;
- Incubação: estágio em que o problema é colocado à parte e o subconsciente faz conexões entre os diversos saberes que a pessoa possui, organizando-os de modo a favorecer o surgimento de uma nova ideia ou criação;
- Iluminação: estágio em que as ideias aparecem de forma súbita e o problema é resolvido “tranquilamente” de forma dedutiva;
- Verificação: estágio necessário para assegurar o rigor e a precisão das ideias que surgiram no estágio anterior. Neste estágio a ideia é formatada para apresentar ao público.

Ressaltamos, novamente, que durante os estágios o tempo é um fator importante quando se trata de criatividade. Assim, é necessário ter as habilidades para o “olhar perspicaz” mencionado, conhecimento sobre o assunto e tempo para passar pelos estágios.

Ervynck (2002) afirma que a criatividade em Matemática precisa de um contexto para ocorrer. O indivíduo é preparado por experiências anteriores para seguir em uma nova direção. A preparação ocorre em atividades anteriores que formam o ambiente adequado para o desenvolvimento da criatividade, e os estágios necessários para esse desenvolvimento são:

- Estágio zero: Estágio técnico preliminar. Consiste na aplicação técnica ou prática de regras matemáticas ou procedimentos sem ter consciência da fundamentação

teórica. Exemplo: construir um triângulo de lados 3, 4 e 5 e perceber que entre os lados de medida 3 e 4 existe um ângulo reto;

- Estágio 1: Atividade algorítmica. Relacionada à execução de técnicas matemáticas, seja calcular, manipular ou resolver. Exemplos: aplicar um algoritmo, fatorar um polinômio, calcular uma integral;
- Estágio 2: Atividade criativa (conceitual, construtiva). É em atividades complexas que a criatividade vem à tona. Uma decisão não algorítmica é tomada de maneira a simplificar algo que se tem. Por exemplo, para provar um teorema, é necessário escolher hipóteses e testá-las para estabelecer a prova do teorema.

O autor conclui que uma tentativa de definição do que é criatividade em Matemática pode ser “a habilidade de resolver problemas e/ou desenvolver o pensamento em estruturas, levando em conta a natureza lógico-dedutiva da matemática e a adequação dos conceitos gerados para integrar o núcleo do que é importante em matemática” (ERVYNCK, 2002, p. 47, tradução nossa²¹).

Outro entendimento para criatividade em Matemática traz Aiken (1973 apud HAYLOCK, 1987) que indica que as definições de criatividade em Matemática se baseiam em um processo ou no produto manifesto. Com relação às definições que levam em conta o processo, elas se concentram nos aspectos cognitivos envolvidos no fazer matemática e nas características do pensamento que o qualificam como criativo. Pode estar associado a uma troca fácil de uma operação mental para outra, ou à habilidade de analisar um problema de várias maneiras, observando padrões, semelhanças e diferenças, ou à combinação de ideias matemáticas, técnicas ou novas abordagens. Já as definições que consideram o produto estão ligadas à habilidade de produzir métodos originais ou não usuais, apropriados para solucionar um problema matemático. Também estão ligadas à habilidade de elaborar números, diferentes e apropriadas questões sobre uma situação matemática na forma escrita, gráfica ou na forma de sequência de ações.

Articulando algumas das definições mencionadas nesta pesquisa, Gontijo (2006b) apresentou em sua pesquisa seu entendimento acerca da criatividade em Matemática, sintetizando-a como:

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 (originalidade), tanto em situações que requeiram a resolução e elaboração de

²¹ Tradução nossa de “*Mathematical creativity is the ability to solve problems and/or to develop thinking in structures, taking account of the peculiar logico-deductive nature of the discipline, and of the fitness of the generated concepts to integrate into the core of what is important in mathematics*”.

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, 2006b, p. 4).

Para esse autor, a produção criativa em Matemática ainda deve caracterizar-se pela fluência, flexibilidade, originalidade e elaboração, habilidades inerentes ao potencial criador mencionados na seção 2.1.2.

Não há, como não havia até o ano em que Gontijo (2007b) escreveu sua tese, uma definição única e formal de criatividade em Matemática e, muito menos, em modelagem matemática. Ainda que essa criatividade que o autor define tenha aplicação em resolução de problemas por ser a área de sua pesquisa, ela serve para a Matemática como um todo, podendo servir também para a modelagem matemática. Entretanto, as tarefas propostas em um ambiente de modelagem matemática têm suas peculiaridades, contrapondo-se algumas vezes às tarefas de resolução de problemas. Por este motivo, a caracterização de criatividade em Matemática de Gontijo (2006b) será levada em consideração neste estudo, dando um suporte ao entendimento de como a criatividade pode surgir, em especial, na modelagem matemática.

Na seção seguinte resumiremos o que concebemos como criatividade em quadros-síntese, segundo as características da pessoa que cria, do produto criado, do processo criativo e das influências ambientais.

2.2 Quadros-síntese: aspectos e caracterizações da criatividade

A fim de cumprir os objetivos da pesquisa, nos quadros de 4 a 7 sintetizamos o que consideramos criatividade, de acordo com o que apresentamos na seção 2.1, destacando as características das quatro categorias em que se enquadra a criatividade. Vamos nos apoiar nessa síntese para a análise de dados dos seis relatos de experiência selecionados e da prática realizada na escola.

Quadro 3 – O que é criativo?

Julgamento do produto	(a) Resposta nova e apropriada, útil, correta ou valiosa para a tarefa em questão; (b) a tarefa é heurística e não algorítmica.	Amabile (2018)
-----------------------	---	----------------

Fonte: da autora

Quadro 4 – Características da pessoa criativa

Sensibilidade para problemas, deficiências ou lacunas no conhecimento; Sensibilidade para ver o erro, identificar a falha ou a necessidade.		Torrance (1965 apud ALENCAR; FLEITH, 2003)
Pensamento Criativo (Divergente)	Busca soluções; Elabora suposições; Formula hipóteses; Testa hipóteses;	Torrance (1974)
	Fluência: capacidade de gerar grande número de ideias; Flexibilidade: capacidade de visualizar o problema sob vários enfoques; Originalidade: capacidade de dar respostas incomuns e remotas.	Guilford (1967 apud ALENCAR; FLEITH, 2003)
Elaboração: facilidade em acrescentar uma variedade de detalhes a uma informação, produto ou esquema; Redefinição: capacidade de fazer todo tipo de mudança da informação (transformação, revisão, etc.).		Guilford (1967 apud ALENCAR; FLEITH, 2003)
Curiosidade Interesse Entusiasmo		Csikszentmihalyi (2015)
Iniciativa, Independência de pensamento e ação, Coragem para lidar com o desconhecido, Raciocínio analítico e crítico		Alencar (1998)
Intuição; Persistência e dedicação ao trabalho; Espontaneidade; Maior abertura às experiências; Interesses não convencionais.		Mackinnon (1965, 1967, 1975 apud ALENCAR; FLEITH, 2003)
Treino; Padrões perfeccionistas; Perseverança.		Maslow (1968 apud ALENCAR; FLEITH, 2003)
Senso de humor, Autoconfiança Abertura a novas ideias		Alencar e Fleith (2008)
Motivação intrínseca		Taylor (1964), Amabile (2012), Sternberg (2006) e Kaufman (2016)
Conhecimento Habilidades de domínio como inteligência e talento especial na área		Sternberg e Lubart (1995 apud STERNBERG, 2006) e Amabile (2012)
Habilidades criativas em Matemática	Capacidade de formular problemas não complicados; Encontrar caminhos e meios para resolver problemas; Inventar fórmulas e teoremas; Encontrar métodos originais para resolver problemas não tradicionais.	Krutetskii (1976 apud GONTIJO, 2006a)
	Percepção de regularidades; Senso de proporção e simetria; Habilidade de usar símbolos; Visão espacial; Compreensão e uso de perspectivas; Capacidade de análise, síntese e pensamento abstrato.	Mackiewicz (2004 apud GONTIJO, 2006a)

	Capacidade de ver novas relações entre técnicas e áreas de aplicação; Capacidade de fazer associações entre ideias não relacionadas anteriormente.	Tammadge (1979 apud HAYLOCK, 1987)
	Capacidade de analisar um problema de várias maneiras observando padrões, semelhanças e diferenças; Capacidade de combinar ideias matemáticas, técnicas e novas abordagens. Capacidade de produzir métodos originais ou não usuais, apropriados para solucionar um problema matemático; Capacidade de elaborar números, diferentes e apropriadas questões sobre uma situação matemática na forma escrita, gráfica ou na forma de sequência de ações.	Aiken (1973 apud HAYLOCK, 1987)
Decisão		Sternberg (2006)

Fonte: da autora

Quadro 5 – O processo criativo

Tempo	Preparação; Incubação; Iluminação; Verificação.	Wallas (1926, 1973 apud STEIN, 1974)
	Formar hipóteses; Testar hipóteses; Comunicar resultados.	Stein (1974)
	Analisa o problema; Preparar-se para resolver o problema reunindo informações e melhorando habilidades; Gerar ideias para resolver o problema, testar ou validar a solução escolhida e comunicar essa solução a outras pessoas.	Amabile (2012)

Fonte: da autora

Quadro 6 – Influências ambientais

Fleith e Alencar (2005)	Disponibilizar tempo; Fornecer feedback construtivo e significativo; Prover oportunidades de experiência de aprendizagem próximas às da vida real; Identificar interesses; Prover material diversificado e abundante; Encorajar os alunos a correr riscos; Aceitar o erro como parte do aprendizado; Recompensar ideias e produtos criativos; Formular problemas; Gerar múltiplas hipóteses; Envolver os alunos na avaliação do próprio trabalho e na aprendizagem através dos próprios erros; Enfatizar cooperação ao invés de competição; Encorajar os alunos a compartilhar seus interesses, experiências, ideias e materiais em sala de aula; Prover um ambiente de aprendizagem que seja percebido como importante e divertido; Possibilitar ao aluno participar na escola dos problemas a serem investigados.
-------------------------	---

Alencar (1990)	Proteger o trabalho criativo da crítica destrutiva; Respeitar ideias dos alunos, mesmo que pareçam irrelevantes; Permitir espontaneidade, iniciativa, senso de humor, ao invés de manter a ordem com os alunos sentados e quietos; Criar ambiente de respeito e aceitação mútua; Criar um ambiente de sensação de liberdade para arriscar, explorar, experimentar, inovar, sem medo de avaliação ou críticas; Valorizar o trabalho do aluno, tecendo comentários positivos.
Torrance (1976)	Estimular a manipulação de objetos e ideias; Ensinar a verificar cada ideia sistematicamente; Criar a necessidade do pensamento criador; Desenvolver habilidades de crítica construtiva; Estimular a aquisição do conhecimento em diversos campos; Desenvolver atmosfera criativa na aula; Desenvolver tolerância em relação a novas ideias; Estimular o hábito de imaginar as plenas implicações das ideias; Ter, o próprio professor, espírito aventureiro.

Fonte: da autora

Ressaltamos que o conteúdo deste quadro pode ou não aparecer nas análises, ou seja, nem todos os aspectos referentes à criatividade podem sobressaltar nas análises, tanto nos relatos de experiência quanto na prática. Esses aspectos servem como balizadores para que as análises se tornem claras e sucintas, e seja mais fácil de associar ao autor a que nos referimos.

Além destes quadros-síntese, outra ferramenta que também utilizamos nas análises é o julgamento do produto, pois como vimos este aspecto é igualmente importante na caracterização do que é ou não criativo.

Na seção seguinte, tecemos algumas considerações sobre a modelagem matemática no âmbito da Educação Matemática.

2.3 Modelagem Matemática

A modelagem matemática na educação brasileira ganhou força nas duas últimas décadas do século XX. Foi por meio de Aristides C. Barreto, Ubiratan D' Ambrosio, Rodney C. Bassanezi, João Frederico Mayer, Marineuza Gazzetta e Eduardo Sebastiani, que um movimento pela modelagem iniciou no Brasil, no final dos anos 1970 e início dos anos 1980 (BIEMBENGUT, 2009). Desde então, diversas perspectivas sobre modelagem matemática surgiram, destacando alguns autores do meio acadêmico, como Burak (1992), Biembengut e Hein (2000), Barbosa (2001), Bassanezi (2002), Caldeira (2009) entre outros.

A modelagem matemática, na perspectiva da Educação Matemática, de forma geral, é conceituada como uma atividade que

pode ser descrita em termos de uma situação inicial (problemática), de uma situação final desejada (que representa uma solução para a situação inicial) e de um conjunto de procedimentos e conceitos necessários para passar da situação inicial para a situação final. Neste sentido, relações entre realidade (origem da situação atual) e Matemática (área em que os conceitos e procedimentos estão ancorados) servem de subsídio para que conhecimentos matemáticos e não matemáticos sejam acionados e/ou produzidos e integrados. A esta situação inicial problemática a literatura costuma se referir como situação problema; à situação final desejada é associada, de modo geral, uma representação matemática, um modelo matemático (ALMEIDA, VERTUAN, 2011, p. 21).

A modelagem matemática, de certa forma, está ligada à ideia de estudar ou resolver uma situação-problema, uma situação não-matemática, vinda da realidade, do cotidiano, usando a matemática para chegar à solução.

Na Educação Matemática, algumas perspectivas têm pontos convergentes e divergentes quando se fala em modelagem ou modelo. Burak (2004), por exemplo, considera a modelagem como o trabalho desenvolvido por grupos de alunos em que o tema escolhido é de sua preferência, e ocorre em etapas: escolha do tema; pesquisa exploratória; levantamento dos problemas; resolução do(s) problema(s) e o desenvolvimento da Matemática relacionada ao tema; e análise crítica da(s) solução(ões). O autor, ainda, reforça alguns aspectos importantes que devem ser levados em consideração quando se fala em modelagem matemática (BURAK, 2004):

- i) Maior interesse dos grupos: o fato de poder escolher aquilo que gostariam de estudar desenvolve o interesse dos alunos;
- ii) Interação maior no processo de ensino e de aprendizagem: os alunos trabalham com o que gostam, com o que apresenta significado, por isso tornam-se corresponsáveis pela aprendizagem;
- iii) Demonstração de uma forma diferenciada de conceber a educação: a mudança de postura por parte do professor favorece o estabelecimento de relações afetivas mais fortes entre os alunos e entre alunos e professor.

Esses três pontos nos indicam que a modelagem matemática é uma maneira de professor e aluno interagirem de uma forma diferente da tradicional: exercícios pré-selecionados dão espaço a temas de preferência do estudante que poderá ser usado para pesquisa, desenvolvendo mais interesse na disciplina; a relação professor-aluno, que antes era professor diante da turma, alunos sentados em seus lugares, passa a ser uma parceria de estudo e pesquisa, não necessariamente sentados cada um no seu lugar, pois a pesquisa pode ocorrer em qualquer lugar (na sala de aula, no laboratório, na internet, no pátio da escola, etc).

Vale ressaltar, ainda, que alguns estudos já mostram que “a opção por temas de interesse do aluno amplia a sua motivação para o estudo e o seu comprometimento com as tarefas inerentes ao trabalho com a Modelagem” (JACOBINI, 2004 apud HERMÍNIO, 2009, p. 16). Citando Dewey (1978), Hermínio (2009) simplifica o entendimento acerca do interesse: “quando se está interessado em algo, aquilo nos traz fascínio, nos faz prosseguir rumo ao alvo, é dínamo suficiente para nos impulsionar, nos colocar em movimento, em busca daquilo que para nós tem expressivo valor” (HERMÍNIO, 2009, p. 93).

A autora, ainda, sintetiza os três tipos de interesse mencionados por Dewey: o direto, o indireto e o transferido.

O interesse direto é aquele cuja experiência que se realiza é suficiente por si mesma, ou seja, a atividade em si é um fim, e não um meio. Já o *interesse indireto* acontece quando se descobre que determinada coisa que inicialmente não se tinha um interesse direto, tem relação com algo do seu interesse, por exemplo, a matemática pode não ser interessante até que se faça relações de suas aplicações, por exemplo, nas engenharias. [...] o *interesse transferido* [...] acontece quando existe algo que não se goste ou que não se tenha prazer e acaba se tornando interessante quando vista como meio para alcançar algo que nos chamou a atenção. (HERMÍNIO, 2009, p. 69).

Concordamos dessa forma que o interesse é algo para ser levado em consideração na elaboração de tarefas de modelagem matemática. E como já vimos na seção 2.1.2, o interesse e a motivação são características importantes associadas à pessoa criativa, uma vez que ela se envolve com a tarefa pela motivação interna (desafio pessoal, tarefa agradável, satisfatória) não esperando recompensas (característica associada à motivação externa).

Neste trabalho, adotamos a perspectiva de modelagem matemática concebida por Barbosa²² (2001) para nos apoiar na análise dos dados coletados. Segundo o autor, modelagem matemática “é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade” (BARBOSA, 2001, p. 6). Barbosa usa o conceito de ambiente de aprendizagem proposto por Skovsmose (2000). Esses ambientes são classificados a partir dos tipos de referência (matemática pura, semirrealidade ou realidade) e dos paradigmas de práticas em sala de aula (paradigma do exercício ou cenário para investigação). Observamos que o ambiente de aprendizagem ao qual Barbosa faz referência é o que envolve problematização e investigação em situações-problemas da realidade.

Não é apenas o conceito de ambiente de aprendizagem que Barbosa adota para a sua concepção de modelagem matemática. Outros dois termos são corriqueiramente vistos em sua

²² Barbosa possui outras produções (em particular, 2003 e 2004) nas quais apresenta a mesma definição de modelagem matemática.

definição, a saber, crítica (ou, ainda, criticidade) e reflexão. No dicionário básico de filosofia, o termo “crítica” “vem do grego *kritiké*, é entendido como a arte de julgar e analisar” (JAPIASSU; MARCONDES, 1990 apud BARBOSA, 2001, p. 2). Para Barbosa (2001), a modelagem matemática tem uma perspectiva sociocrítica, que está intimamente ligada à educação matemática crítica. Skovsmose (2000) defende a ideia de que a “educação matemática crítica inclui o interesse pelo desenvolvimento da educação matemática como suporte da democracia, implicando que as microssociedades de salas de aulas de matemática devem também mostrar aspectos de democracia” (SKOVSMOSE, 2000, p. 2). Este autor ainda sustenta que a Matemática não é somente um assunto a ser ensinado e aprendido, devendo ser também um tópico sobre o qual é preciso refletir. Essa corrente sociocrítica surge da limitação de outras duas correntes mencionadas por Kaiser-Messmer (1991 apud BARBOSA, 2001): a pragmática e a científica. Ela volta seu interesse para o conhecimento reflexivo (BARBOSA, 2001). Sendo assim, a Matemática é, portanto, uma oportunidade para os alunos explorarem os papéis que ela desenvolve na sociedade contemporânea (BARBOSA, 2001).

Por isso, o motivo que mais interessa a Barbosa (2001), quando se fala em inserir a modelagem matemática nas práticas escolares, é acerca da compreensão do papel sociocultural da matemática, “pois ele está diretamente conectado com o interesse de formar sujeitos para atuar ativamente na sociedade e, em particular, capazes de analisar a forma como a matemática é usada nos debates sociais” (BARBOSA, 2004). E como as tarefas desenvolvidas estão associadas à problematização e à investigação, elas permitem ao aluno levantar questões e realizar investigações, atingindo o conhecimento reflexivo. É nesse sentido que o autor acredita que a modelagem matemática “pode potencializar a intervenção das pessoas nos debates e nas tomadas de decisões sociais que envolvem aplicações da matemática” (BARBOSA, 2003, p. 3), contribuindo para a construção e a consolidação de sociedades democráticas. Dessa forma, a modelagem matemática pode colocar lentes críticas sobre as aplicações da matemática.

Barbosa (2001) organizou em três casos, como podemos ver no quadro 3, o modo como podemos configurar as atuações do professor e do aluno, bem como suas responsabilidades perante a busca pela solução de um problema a ser resolvido com a modelagem matemática. Os três casos mostram a flexibilidade da modelagem matemática, podendo ser desenvolvida em diversos contextos escolares.

Quadro 7 – O aluno e o professor nos casos de modelagem.

	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Elaboração da situação problema	Professor	Professor	Professor/aluno
Simplificação	Professor	Professor/aluno	Professor/aluno
Dados qualitativos e quantitativos	Professor	Professor/aluno	Professor/aluno
Resolução	Professor/aluno	Professor/aluno	Professor/aluno

Fonte: BARBOSA (2001, p. 9)

No caso 1, o professor apresenta o tema, o problema a ser investigado e os dados qualitativos e quantitativos, cabendo aos alunos determinar a solução do problema. No caso 2, o tema e o problema são trazidos pelo professor, e os alunos devem buscar os dados para resolver tal problema. Por fim, o caso 3 é aquele em que o tema, o problema, a coleta de dados e a solução ficam a cargo dos estudantes. Os casos identificam a participação do professor e do aluno em cada etapa e, em todas elas, “o professor é concebido como ‘coparticipe’ na investigação dos alunos, dialogando com eles acerca de seus processos” (BARBOSA, 2001, p. 9). O professor tem o papel de orientador e conduz o aluno durante a tarefa para que ele possa desenvolver seu lado investigador e questionador, abrindo caminho para expressar suas ideias e pensamento.

As tarefas a serem desenvolvidas, nessa perspectiva, podem ser de curto, médio ou longo prazo, e podem ser abertas, com várias possibilidades de respostas, ou mesmo fechadas, apresentando solução única²³. Nesse ambiente de aprendizagem, observar o processo que ocorre durante a tarefa é também importante, pois é durante a tarefa que pode haver o desenvolvimento de habilidades necessárias para atuar na sociedade como, por exemplo, reflexão e a criticidade.

No que diz respeito a modelo matemático, Barbosa (2008) caracteriza como

Toda representação matemática da situação, por escrito, é chamada de modelo matemático. Esta noção é propositalmente ampla e inclusiva, agendando a intenção de capturar as diferentes formas que os alunos representam uma determinada situação, independente de sua capacidade de descrição, generalização e prescrição. (BARBOSA, 2008, p. 48)

A forma como o autor concebe modelo matemático pode incluir tabelas, equações e gráficos, mas também inclui qualquer outro tipo registro matemático escrito que se refira à situação-problema, como as operações matemáticas básicas (BARBOSA, 2008).

Por fim, vale destacar que como as tarefas são predominantemente de natureza aberta, pode não ocorrer a emersão de um modelo matemático, pois os alunos podem desenvolver

²³ Entende-se aqui por uma tarefa fechada com solução única uma situação em que a pergunta só admite uma resposta, mas a forma para respondê-la e os cálculos envolvidos na sua resolução podem demandar um caminho diferente.

encaminhamentos que não levem à sua construção (BARBOSA, 2001), e tampouco há garantias de que eles se inclinem para o uso de conceitos matemáticos que o professor previamente imaginou que eles usariam.

3 CRIATIVIDADE EM TAREFAS DE MODELAGEM MATEMÁTICA

Na Educação Matemática, as tarefas de modelagem matemática tem o propósito de, sobretudo, refletir a realidade dos alunos por meio das práticas (BURAK, 1992; BARBOSA, 2001; CALDEIRA, 2009), que sob a orientação do professor, o aluno pode desenvolver o pensamento crítico e reflexivo a respeito do tema abordado (BARBOSA, 2001). Caldeira, Silveira e Magnus (2011, p. 65) afirmam que “além do pensamento e dos conceitos matemáticos, a criatividade, a autonomia e o espírito de coletividade” são desenvolvidos nessas práticas. Sob esta afirmação, acreditamos que os estudos relacionados à criatividade têm sua importância na Educação Matemática, sobretudo na modelagem matemática. Assim, observamos um movimento de busca para a compressão de como a criatividade ocorre nas tarefas de modelagem.

Nesta seção, trazemos algumas produções que apresentam estudos de criatividade relacionada a práticas de modelagem matemática. São quatro dissertações que encontramos, desenvolvidas em programas de Pós-Graduação no Brasil:

- A Modelagem Matemática e suas implicações para o desenvolvimento da criatividade, de Pereira (2008);
- Desenvolvendo criticidade e criatividade com estudantes de geografia por meio de Modelagem, de Vidigal (2013);
- Manifestações da Criatividade em Modelagem Matemática nos anos iniciais, de Palma (2019); e
- Criatividade e geração de ideias em atividades de Modelagem Matemática, de Dal Pasquale Junior (2019).

Pereira (2008) desenvolveu uma pesquisa sobre as implicações das práticas de modelagem matemática para o desenvolvimento da criatividade, trabalho com o qual temos aspectos semelhantes. Para a coleta e a análise de dados, a autora selecionou quatro dissertações orientadas pelos autores Jonei Barbosa, Dionísio Burak e Ademir Caldeira, pesquisadores na área de modelagem matemática. A autora compilou várias definições acerca da criatividade e da criatividade em matemática, produzindo um quadro-síntese no qual se apoiou para realizar as análises.

Nessa pesquisa, a autora também produziu indicadores sobre a relação entre modelagem matemática e criatividade. São observações que a autora fez ao longo da sua

pesquisa, como quando a modelagem matemática propicia a criatividade, o que é preciso para que a criatividade em matemática manifeste-se, quais ações o professor deve tomar para que a criatividade apareça nas tarefas de modelagem, etc. Esses indicadores²⁴ são apresentados, no quadro 8, a seguir.

Quadro 8 – Relação entre modelagem matemática e o desenvolvimento da criatividade.

<p>A Modelagem Matemática propicia a criatividade quando...</p>	<p>a) Ao organizar trabalhos em grupos, proporciona a interação entre estudantes, estimulando a colaboração entre eles, a independência e a autonomia para resolver problemas e tomar decisões;</p> <p>b) Envolve situações da realidade em que o grupo poderá estabelecer relações com a Matemática que talvez aparentemente não sejam perceptíveis. Para isso terá que utilizar as características do pensamento criativo, tais como: a fluência, a originalidade, a complexidade, entre outras;</p> <p>c) As atividades representam interesses dos estudantes, mais que do professor, causando maior motivação e envolvimento para realização das tarefas;</p> <p>d) Os modos de proceder e encaminhar a atividade são heurísticos, isto é, não se têm de antemão modelos prontos a serem seguidos.</p>
<p>O professor e os estudantes desenvolvem a sua criatividade em Matemática nas situações de Modelagem quando...</p>	<p>a) Necessitam levantar questões sobre o tema, pensar nas soluções e colocá-las em prova.</p> <p>b) Ambos colaboram para estabelecer relações entre a Matemática e a situação estudada e ainda, proponham modelos matemáticos (equações, gráficos, tabelas, e outras formas) para representar situações;</p> <p>c) Empenham esforços a fim de utilizar os conhecimentos matemáticos que mais sejam adequados a determinadas situações;</p> <p>d) Para resolver determinada questão ou situação-problema, precisam pesquisar conteúdos matemáticos ou envolver conhecimentos de outras áreas do conhecimento.</p>
<p>Para que a criatividade em Matemática se manifeste é necessário que as relações entre os estudantes e entre estudantes e professores sejam...</p>	<p>a) De colaboração e participação ativa no desenvolvimento da atividade;</p> <p>b) De apoio e respeito às ideias de todos os participantes;</p> <p>c) Dialógica, isto é, o professor deve ouvir as ideias e opiniões dos estudantes e vice-versa.</p>
<p>Para que a criatividade se manifeste numa atividade de Modelagem Matemática o professor pode...</p>	<p>a) Incentivar os estudantes para contribuírem com a realização da atividade e não chamar todas as responsabilidades para si;</p> <p>b) Proporcionar liberdade aos estudantes para propor ideias, levantar questões e incentivá-los a participar ativamente do trabalho;</p> <p>c) Enfrentar situações novas, desconhecidas e ir à busca de novos conhecimentos que se façam necessários para realização da atividade;</p> <p>d) Trabalhar com temas de interesse do grupo ou dos grupos;</p> <p>e) Compartilhar o processo de ensino, isto é, favorecer o debate e a discussão sobre os assuntos de interesses dos estudantes;</p> <p>f) Identificar, pelas discussões, temas de interesses dos estudantes, contribuindo para levantar situações envolvendo: atividades econômicas do município, da região, serviços prestados (hospitais, postos de saúde, telefonia, entre outros) ou temas atuais: eleições, eventos esportivos, científicos, culturais e alimentando e organizando essas discussões;</p> <p>g) Levantar novas hipóteses sobre a situação estudada, isto é, considerar uma situação sob diversos aspectos.</p>

²⁴ Na dissertação de PEREIRA (2008) essa síntese é apresentada parágrafo a parágrafo. A escolha da apresentação da mesma na forma de quadro foi para facilitar a citação da autora e do fragmento de sua pesquisa.

Os estudantes fazem uso das habilidades do pensamento criativo quando...	<p>a) São incentivados a levantar questões e propor ideias;</p> <p>b) A partir de uma atividade, necessitam fazer julgamentos, avaliar situações, considerar várias ideias a fim de tomar decisões, entre outras.</p>
--	---

Fonte: PEREIRA (2008, p. 96-98).

É importante destacar que o trabalho de Pereira (2008) motivou, em parte, o desenvolvimento da nossa pesquisa: observar a criatividade em tarefas de modelagem matemática e os fatores que colaboram para seu desenvolvimento é o ponto mais comum de nossos trabalhos. Entretanto, o foco de cada pesquisa se deu de maneira diferente. A seguir, no quadro 9, destacamos os aspectos semelhantes, bem como alguns que diferenciam nossas pesquisas.

Quadro 9 – Comparando Pereira (2008) e nossa pesquisa.

Pereira (2008)	Nossa pesquisa
Selecionou 4 dissertações.	Selecionamos 6 relatos de experiência de anais da CNMEM.
Janela temporal das dissertações: 2002 a 2007.	Janela temporal dos relatos: 2007 a 2017.
Foco dos trabalhos selecionados: Educação Básica	
Dissertações de alunos orientados por Barbosa, Burak e Caldeira.	Relatos de experiência desenvolvidos sob a perspectiva de modelagem matemática de Barbosa (2001, 2003, 2004).
Não teve produção de dados e análise de uma prática pessoal.	Produzimos dados atuais para análise por meio de uma prática pessoal.
Existência de quadros-síntese acerca dos aspectos a serem considerados sobre criatividade, possuindo aspectos comuns, outros não.	
Abordagem qualitativa	

Fonte: da autora.

Outro pesquisador que trouxe contribuições para a área da modelagem matemática envolvendo aspectos da criatividade foi Vidigal²⁵ (2013). Sua pesquisa foi baseada no tripé modelagem, criticidade e criatividade. O autor desenvolveu uma pesquisa com estudantes de um curso de licenciatura em Geografia se apoiando na concepção de modelagem matemática de Bean (2009, 2012a, 2012b) e na visão de criatividade de Ostrower (2010) e de Vigotsky (2010). Sua pesquisa foi de cunho qualitativo e para produção e coleta de dados desenvolveu tarefas, com e sem o uso da Matemática, para a construção de mapas. O autor buscou responder a seguinte questão de pesquisa:

²⁵ Aluno, na época, de pós-Graduação do Mestrado Profissional em Educação Matemática da Universidade Federal de Ouro Preto, em 2013.

Como a realização de atividades, envolvendo modelagem, que abordam as premissas e os pressupostos na construção de modelos, com encaminhamento subsidiado em uma abordagem crítica e criativa pode contribuir à estimulação da criticidade e da criatividade nos estudantes? (VIDIGAL, 2013, p. 28).

Para responder a questão de pesquisa, Vidigal (2013) se apoiou em Ostrower (2010, p. 5) que apresenta uma ideia para criatividade no que diz respeito ao potencial criativo da pessoa: “a criatividade é um potencial inerente ao homem, e a realização desse potencial uma de suas necessidades”. Vidigal (2013), com suas palavras, segue comentando a visão de Ostrower sobre criação: “consiste em compreender os fenômenos envolvidos em uma determinada situação e, por conseguinte, estabelecer relações, ordenações, configurações e significados” (VIDIGAL, 2013, p. 45). O autor Vigotsky (2010) completa a ideia de Ostrower, afirmando que

o cérebro não é apenas um órgão que conserva e reproduz nossa experiência anterior, mas também o que combina e reelabora, de forma criadora, elementos da experiência anterior, erigindo novas situações e novo comportamento (VIGOTSKY, 2010, p. 14).

A partir dessas afirmações, Vidigal (2013) entende “a criatividade como a articulação dos elementos a fim de formar algo novo e inovação passa pela escolha, dentre diversas alternativas que podem surgir, de quais elementos serão considerados e como serão considerados” (VIDIGAL, 2013, p. 46). Percebemos a semelhança com as definições trazidas nesta pesquisa, quando fala sobre o “formar algo novo”, que se refere ao produto criado, novo e original, e a “inovação passa pela escolha”, referindo-se ao julgamento do produto, sua utilidade e adequação.

Com relação à modelagem matemática, o autor referencia Bean (2009) ao dizer que a

modelagem é a construção de modelos que remetem aos objetivos e interesses do modelador e esta construção é realizada a partir de premissas assumidas, aspectos considerados e pressupostos formulados. **Assim, a modelagem é uma atividade crítica e criativa onde o modelador tem a oportunidade de se colocar diante de uma situação questionando-a (criticidade) e criando novas relações (criatividade)** quando as relações vigentes já não mais atendem as suas expectativas, necessidades e ansiedades. (VIDIGAL, 2013, p. 47, grifo nosso).

Apesar do trabalho de Vidigal (2013) não ter o mesmo referencial teórico que nossa pesquisa, notamos que seu aporte teórico para modelagem matemática – observe o grifo no fragmento anterior – coincide com um dos pressupostos que trazemos no capítulo de introdução desta pesquisa: A modelagem matemática é um ambiente de aprendizagem de investigação e de reflexão, em que as tarefas são abertas, propensas ao desenvolvimento de habilidades por parte dos alunos. Uma das habilidades a que nos referimos na introdução é a

criatividade, porém algumas perspectivas de modelagem matemática incluem a criticidade como uma habilidade em desenvolvimento durante as tarefas de modelagem matemática, como Barbosa (2001), referencial adotado em nossa pesquisa.

Sobre as atividades desenvolvidas para coleta de dados, elas foram realizadas com duas turmas do curso de Licenciatura em Geografia do IFMG-OP. Elas foram divididas em duas partes diferentes: 1) cinco atividades preliminares; e 2) uma atividade final.

Foram preparadas cinco situações a serem problematizadas para serem desenvolvidas em aula durante as atividades preliminares. O intuito destas atividades é promover a possibilidade de analisar situações, discutir e propor modelos e, em seguida apresentar aos demais colegas da sala. Para a atividade final, propusemos a construção de um mapa do campus do IFMG-OP, local onde os alunos estudam. (VIDIGAL, 2013, p. 54).

Ao concluir a pesquisa, o autor chega às seguintes considerações:

- Os alunos adquiriram confiança para expressarem suas ideias sem medo de repressão dos colegas ou do professor. O autor afirma que era realmente isto o que queria com as atividades: que houvesse espaço para os alunos exporem suas ideias e aceitar as eventuais críticas. Ele ressalta, ainda, que ao responder às críticas, o aluno teria que convencer seus colegas e professor acerca da ideia proposta e que isto é uma estimulação à criatividade;
- Na atividade em que os alunos criticavam parte do trabalho já desenvolvido pelos mesmos, eles tiveram a oportunidade de contribuir para o trabalho uns dos outros e isto foi uma estimulação à criticidade;
- Na atividade final, os alunos representariam características do campus em um mapa. Eles deveriam expor suas ideias em um trabalho escrito e os problemas levantados ou especificidade notada e, ainda, ser colocado numa carta à direção. Ao final tudo isso seria apresentado diante da turma, e isto contribuiu para o desenvolvimento da criatividade e da criticidade, segundo o autor.

Palma (2019), outro pesquisador que recentemente fez uma contribuição para a Educação Matemática, desenvolveu uma pesquisa sobre criatividade em modelagem matemática. Assim como foi o foco de nossa pesquisa realizando e analisando tarefas de modelagem com turmas do Ensino Fundamental, a pesquisa de Palma (2019) foi feita com alunos de 5º ano do Ensino Fundamental e teve como questão de pesquisa: “Quais aspectos de criatividade emergem das manifestações dos alunos de um quinto ano do Ensino Fundamental, ao realizarem atividades de modelagem matemática?” (PALMA, 2019, p. 46).

O autor elaborou tarefas de modelagem matemática que permitissem a emergência de ações criativas pelos alunos, realizando 7 atividades, com temas da realidade dos alunos (os temas das atividades foram: Vendendo Sacolés (geladinhos), *Slime*, Água, Lixo, Cercando o Parque do Povo, Quero ser um *Youtuber* e Placas novas de Automóvel). Para a coleta de dados, foi utilizado um *smartphone* para gravação de áudios através de um aplicativo, uma câmera *Go Pro* e as atividades escritas dos alunos.

Para o desenvolvimento do estudo, o pesquisador usou a perspectiva de modelagem matemática de Vertuan (2007, p. 15) que afirma ser “um dos caminhos que podem estimular e envolver os alunos e oportunizar a aprendizagem de conteúdos matemáticos, explicitando alguns dos propósitos de se estudar os objetos matemáticos, adequados para a interpretação e análise de situações-problema” e, para a criatividade, Nicolau (2014 apud Palma, 2019, p. 40) que a considera “um comportamento natural do ser humano, que flui a todo instante desde as situações mais simples às mais complicadas. Está presente em todo momento de improviso: o pensamento é criação, a fala é criação, o sonho é criação”, além dos aspectos de criatividade baseados em Alencar (1990): fluência, flexibilidade, originalidade e elaboração, termos também utilizados em nosso estudo atual.

Em suas conclusões, o autor apresentou as seguintes categorias que possuem convergências entre aspectos de criatividade e modelagem matemática:

- Categoria 01: Criatividade desencadeada devido aos conhecimentos dos alunos acerca das situações investigadas.
- Categoria 02: O papel ativo dos alunos na resolução de atividades de Modelagem Matemática e as contribuições do desenvolvimento em grupos.
- Categoria 03: O interesse pelo tema e o engajamento dos alunos no desenvolvimento da atividade de Modelagem Matemática.
- Categoria 04: A experimentação em atividades de Modelagem Matemática como ferramenta para o surgimento do produto criativo. (PALMA, 2019, p. 99)

Palma (2019) observou que a modelagem matemática possui um encaminhamento que proporciona a criatividade dos alunos e, além disso, observou também que a manifestação da criatividade depende do professor, pois ele faz um papel diferente em sala de aula, e afirma que

Conhecer o que o aluno está fazendo, saber quais momentos a mediação se torna necessária, é importante para o encaminhamento da atividade e o estímulo a manifestação da fluência, flexibilidade, originalidade ou elaboração de ideias. E saber o momento de mediar uma discussão ou resolução, é ação que demanda sensibilidade do docente (PALMA, 2019, p. 107).

O autor finaliza salientando que algumas situações poderiam ter saído de maneira diferente, mas a falta de tempo pode ter sido um fator que impediu muitas outras

manifestações criativas por parte dos alunos. Mesmo com detalhes a serem ajustados, o autor ratifica que a pesquisa foi satisfatória.

A dissertação de Dal Pasquale Junior (2019) completa esta seção de pesquisas relacionadas à criatividade em tarefas de modelagem matemática. Seu estudo foi desenvolvido com alunos da disciplina de modelagem matemática do quarto ano de um curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Estadual do Paraná.

Com o objetivo de “identificar e analisar os momentos de geração de ideias e quais as implicações destes momentos durante o desenvolvimento de uma atividade de modelagem em grupos de alunos” (DAL PASQUALE JUNIOR, 2019, p. 76), a questão de pesquisa que norteou seu trabalho foi

Em que momentos ocorre a geração de ideias durante o desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática com alunos de um curso de Licenciatura em Matemática, empreendidas no âmbito de grupos, e quais implicações estas ideias desencadeiam na investigação do problema? (DAL PASQUALE JUNIOR, 2019, p. 76).

Por se tratar de uma pesquisa qualitativa, o autor investigou a criatividade a partir dos registros de conversas dos grupos durante a resolução das tarefas, tendo como referencial teórico para a criatividade Alencar e Fleith (2003), além da Perspectiva de Sistemas de Csikszentmihalyi e do pensamento convergente e divergente de Guilford. Para criatividade em Matemática, usou como aporte Gontijo (2007b) e demais estudos do autor nessa área. A concepção para modelagem matemática usada na pesquisa foi a de Almeida, Silva e Vertuan (2012).

Assim, Dal Pasquale Junior (2019) elaborou três atividades que realizou com os alunos, e elas abordavam o tema monetário. São elas:

1. Quanto custa fazer uma faculdade pública? A atividade tratava dos custos necessários para realizar um curso (especificamente, o de Licenciatura em Matemática);
2. Planejando com Antecedência. Nessa atividade, os alunos deveriam pensar como poderia ser planejado os gastos de uma futura graduação em Licenciatura em Matemática em uma universidade pública;
3. Usar sensores em Lâmpadas vale a pena? Nessa atividade os alunos deveriam pensar na possibilidade de investigar se a instalação de sensores de presença possibilitaria uma economia de energia.

Como conclusões, o autor destacou que as “atividades de modelagem matemática estimulam não apenas a geração de ideias, mas também ideias inovadoras quando os alunos têm afinidade e experiência com o tema proposto” (DAL PASQUALE JUNIOR, 2019, p. 186) e que nas etapas de modelagem segundo Almeida, Silva e Vertuan (2012), a geração de ideias acontece predominantemente durante a fase da inteiração e após isso os alunos implementam as ideias. E afirma que o tempo foi essencial para a geração de ideias e em sala de aula, inclusive, para a discussão do problema.

Tivemos dificuldades em encontrar outros estudos (em uma curta janela temporal) relacionados à criatividade em tarefas de modelagem matemática, no âmbito nacional. Algumas pesquisas que encontramos relacionam a criatividade com outras tendências em matemática, como Resolução de Problemas e Formação de Professores. Ainda assim, o número de pesquisas na área de criatividade e matemática é pequeno e algumas, quando tratam do assunto, muitas vezes falam de forma superficial ou utilizando o senso comum da palavra, isto é, sem fundamentação teórica.

No âmbito internacional, os estudos relacionados à criatividade em matemática são mais expressivos, tanto que há mais de 20 anos ocorre periodicamente a *International Conference on Mathematical Creativity and Giftedness* (Conferência Internacional sobre Criatividade e Talento em Matemática). Esse evento acontece a cada dois anos reunindo pesquisadores da área. No ano de 2019²⁶, ocorreu a 11ª edição do evento e reuniu, inclusive, pesquisadores brasileiros, a saber, Cleyton Hércules Gontijo, citado nesta dissertação.

No capítulo seguinte, discutiremos os aspectos metodológicos desta pesquisa.

²⁶ Tivemos acesso aos anais desse evento a partir de um arquivo PDF.

4 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS

Neste capítulo apresentaremos os aspectos metodológicos da pesquisa, começando com a questão de pesquisa, os pressupostos em que nos apoiamos para escolher este problema para investigação, além dos objetivos e da abordagem metodológica utilizada. Também falamos das fases da pesquisa, público participante, os critérios para a escolha dos relatos de experiência selecionados, informações sobre a prática e, para finalizar, a metodologia para análise dos dados.

4.1 Questão e objetivos da pesquisa

Nesta pesquisa, buscamos investigar:

Quais fatores podem favorecer a criatividade dos alunos em um ambiente de aprendizagem de modelagem matemática?

Para nós, essa pergunta se apoia em dois pressupostos que consideramos essenciais e que usaremos para respondê-la. O primeiro é que a modelagem matemática é um ambiente de aprendizagem de investigação e de reflexão, em que as tarefas são abertas, propensas ao desenvolvimento de habilidades por parte dos alunos. Esse caráter aberto das tarefas permite vários encaminhamentos de uma aula, diferente do que aconteceria em uma aula considerada tradicional; e o segundo pressuposto é que todo ser humano é criativo, diferindo apenas em grau e “que a extensão em que a criatividade floresce depende largamente do ambiente” (ALENCAR, 2007, p. 47), o que significa que criatividade pode ser aprendida e desenvolvida conforme o ambiente em que o indivíduo está inserido.

Elencamos três **objetivos** para responder à questão norteadora desta pesquisa:

- i. Identificar evidências de criatividade;
- ii. Identificar quais foram os fatores importantes para que houvesse esse momento criativo, levando em consideração a literatura consultada;
- iii. Apontar, se existirem, novos fatores que podem colaborar para a expressão da criatividade dos alunos.

Nesta pesquisa utilizamos a abordagem qualitativa para responder à questão de pesquisa. Bicudo (1993 apud FIORENTINI; LORENZATO, 2006) afirma que pesquisar é o

mesmo que andar em torno da interrogação, do problema, e de modo rigoroso e sistemático. A abordagem qualitativa se preocupa em descrever os fatos, analisando o processo e não somente o resultado ou produto final. Além disso, analisamos os dados de forma indutiva (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

Dividimos essa pesquisa em dois momentos, realizados simultaneamente, ambos para coletar e produzir dados: uma análise de seis relatos de experiência contidos nos anais da CNMEM – Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática²⁷; e uma prática didática realizada em uma escola pública.

A princípio, achamos que não seria necessária a realização de uma prática. Entretanto, sua necessidade surgiu por conta de alguns motivos:

- Para que o mínimo de detalhes se perca. Acreditamos que alguns detalhes podem ter sido deixados de fora dos seus relatos de experiência, talvez por não considerarem relevantes para sua pesquisa ou porque o espaço disponibilizado para o artigo foi pequeno;
- Pela importância de realizar tarefas de modelagem, pois como alguém que está começando a trabalhar regularmente com essas tarefas em sala, sempre é bom vivenciar essas experiências;
- Para verificar se as percepções oriundas das duas análises realizadas (dos anais e da prática) são coerentes ou, mesmo, se há novas observações.

Portanto, primeiramente fizemos uma metanálise, ou seja, uma “revisão sistemática de outras pesquisas, visando [...] produzir novos resultados ou sínteses a partir do confronto desses estudos” (FIORENTINI; LORENZATO, 2006, p. 103). Para isso, analisamos os relatos de experiências dos trabalhos disponíveis em anais da CNMEM.

Nas seções a seguir, apresentamos os critérios de escolha dos relatos de experiência que separamos para análise, além de mais informações sobre a prática didática. Também apresentamos os procedimentos de análises dos dados.

²⁷ A Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática (CNMEM) é realizada desde 1999. É um evento promovido pelo Grupo de Trabalho "Modelagem Matemática" (GT10) da Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM) que congrega professores de todos os níveis de ensino, pesquisadores e estudantes que pesquisam sobre e/ou praticam a modelagem na perspectiva da Educação Matemática, visando aprofundar os debates e divulgar a modelagem em âmbito nacional.

4.2 A escolha dos relatos de experiência

A princípio para esta pesquisa, tínhamos o planejamento de analisar 22 relatos de experiência (sendo 12 relatos da CNMEM e 10 relatos do ENEM²⁸). Na qualificação desta pesquisa, em que apresentamos as análises parciais de 6 relatos de experiência, por uma direção da banca avaliadora, decidimos nos concentrar nas análises destes 6 relatos e da prática na escola.

No início desta pesquisa, selecionamos os relatos de experiência que usaríamos para coleta/produção de dados e análises, usando os seguintes critérios:

- Relatos publicados entre 2007 e 2017;
- Relatos assumidamente realizados na perspectiva de modelagem matemática proposta por Barbosa (2001);
- Atividades com turmas ou grupo de alunos de Ensino Fundamental (anos finais) e Ensino Médio;
- Relatos que possuíssem a transcrição de falas ou diálogos dos alunos ou professor ocorridos durante as tarefas, fotos ou anexos da produção escrita (cálculos, raciocínio, anotações, etc.) ou produção de material (maquetes, desenhos, esboços, etc.) considerados relevantes²⁹.

Nossa busca pelos relatos de experiência começou nos sites das edições anteriores do ENEM (que antes compunham nosso escopo) usando palavras-chave como modelagem matemática e Barbosa, pois era a perspectiva de Barbosa (2001) que nos interessava. E para selecionar os relatos da CNMEM, o professor orientador dessa pesquisa, que participou de todas as edições da CNMEM desde 2007, forneceu todos os arquivos dos anais apresentados em cada edição, e assim procuramos os relatos usando a palavra-chave Barbosa. Ao todo eram em torno de 200 artigos, que com certeza seria inviável analisar, por isso outras palavras-chave foram usadas.

Como buscávamos relatos de experiências com Ensino Fundamental e Médio, abrimos os artigos um por um e procuramos por estes relatos em especial. Em ambos os eventos, ainda somavam um pouco mais de 70 relatos de experiência. Foi então que precisávamos refinar mais nossa seleção, pois não eram todos os relatos que conseguiríamos extrair fragmentos ou

²⁸ Encontro Nacional de Educação Matemática.

²⁹ Relatos que continham poucas informações sobre a participação e a produção dos alunos e que não continham imagens dessa produção ou do processo de produção (seja na forma escrita ou física) dos alunos, ou ainda da atuação do professor foram descartados, pois não conseguiríamos cumprir os objetivos dessa pesquisa sem detalhes significativos da experiência em sala de aula para analisar.

informações importantes e relevantes para usar como dados. Assim, consideramos os relatos que possuíam como dados para análise trechos/comentários do(s) autor(es), diálogos/debates ou imagens da produção (parcial/final) dos participantes da pesquisa. Depois desse refinamento, chegamos ao número de 22 artigos (10 do ENEM e 12 do CNMEM).

Como havíamos dito antes, nesta pesquisa optamos por realizar as análises com base em 6 relatos de experiência da CNMEM. Dos 12 relatos que tínhamos da CNMEM, 6 eram de Ensino Fundamental anos finais e 6 eram de Ensino Médio. Começamos as leituras e análise, sem nenhum motivo em especial, pelos relatos com alunos de Ensino Fundamental. São eles:

- a. Uma experiência de Modelagem Matemática no ensino por ciclos no município de Porto Alegre (RS) – Beck (2017);
- b. Modelagem Matemática: conhecendo o espaço escolar em formas e tamanhos – Frantz (2013);
- c. O problema do estacionamento da escola – Gajko (2017);
- d. Os efeitos da maconha no organismo: uma experiência desenvolvida em um ambiente de Modelagem Matemática – Ferreira (2009);
- e. Investigação sobre possibilidades de economizar água no cotidiano de alunos belorizontinos: uma experiência com Modelagem Matemática – Roque e Campos (2011);
- f. Modelagem, criticidade e interdisciplinaridade: o caso do peso das mochilas – Cruz et al. (2013).

No próximo capítulo descrevemos e analisamos estes relatos.

4.3 A escolha da escola e a do tema da prática

Simultaneamente à análise dos relatos de experiência, realizamos uma prática didática na Escola Estadual de Ensino Fundamental Ildefonso Gomes, localizada em Porto Alegre-RS, em uma turma de 6º ano do Ensino Fundamental. A prática desenvolvida teve a participação da professora regente da turma, da disciplina de ciências. A tarefa foi desenvolvida em três períodos³⁰ da aula dessa professora. A parceria com essa professora deve-se pela amizade que tenho com ela desde quando trabalhamos juntas na mesma escola.

³⁰ A prática foi desenvolvida dias 16 e 18 de setembro de 2019.

A turma selecionada tinha 17 alunos. A maioria dos alunos tinha a idade adequada para o ano escolar em que estavam e como comentário da professora regente, esta turma em geral era participativa e interessada. Como esta aula foi desenvolvida no horário de aula regular, todos os alunos realizaram as tarefas. Entretanto, apenas seis alunos entregaram os termos de consentimento e assentimento assinados por seus responsáveis. Por esse motivo, vamos apenas considerar a participação desses alunos, tomando suas respostas e suas produções como dados para análise.

Damos importância aos Termos de Consentimento e de Assentimento, bem como a autorização da Escola onde foi realizada nossa prática, por questões éticas³¹, obviamente. Poderia ser utilizada a imagem dos participantes, além de suas produções escritas e diálogos, mas acima dessa necessidade, é importante que os responsáveis pelos alunos se envolvam com práticas como esta para que tomem ciência da pesquisa, das tarefas que estão sendo elaboradas e da relevância do trabalho para o aprendizado dos alunos e para o meio acadêmico. Além disso, damos valor à opinião do aluno, e por isso pedimos sua permissão para que sua imagem, falas ou produções escritas possam ser divulgadas em trabalhos acadêmicos.

O tema “água e seu consumo” foi escolhido para dar continuidade ao conteúdo da disciplina de ciências, uma vez que os alunos já conheciam sobre o ciclo da água e seu papel no meio ambiente. Dessa maneira, dar continuidade ao tema, abordando seu consumo e seu desperdício enriqueceu ainda mais o aprendizado da turma, inclusive retomando conceitos para consolidação do que já foi trabalhado em sala de aula.

A prática didática foi desenvolvida em um ambiente de aprendizagem de modelagem matemática, caracterizado pelo caso 2 de Barbosa (2001) em que o professor traz o assunto e o entendimento sobre a situação problema, mas os dados a serem coletados e a solução fica sob a responsabilidade dos alunos. Essa prática foi baseada na perspectiva sociocrítica, assim como nos relatos, pois o tema consumo da água é um tema que pode gerar reflexão, e as tarefas propostas foram elaboradas justamente para permitir que os alunos refletissem sobre o assunto e desenvolvessem a criticidade que Barbosa aborda em seus estudos. Dessa forma, desde novos poderão tomar decisões e atitudes sobre o consumo de água, como economizar, não demorar no banho, fechar a torneira enquanto escova os dentes ou lava a louça, entre outras.

³¹ As cópias dos Termos de Consentimento e de Assentimento e a autorização da Escola estão disponibilizadas nos anexos A, B e C.

Propomos algumas tarefas abertas, de caráter investigativo (tarefa heurística), a fim de que a criatividade pudesse emergir no decorrer da prática. Para a coleta/produção de dados, utilizamos gravadores de voz (para arquivar os comentários da professora pesquisadora e dos alunos durante a aula), fichas de resolução e escrita dos alunos e fotos da produção escrita e física.

4.4 Procedimentos de análise

Para facilitar a compreensão das descrições dos relatos de experiência e da prática, dos dados coletados e das análises, optamos por fazer a descrição das tarefas concomitantemente aos destaques dos dados coletados e às análises. Assim, seguiremos os seguintes procedimentos:

- Nos relatos de experiência, os excertos que demonstram a fala do pesquisador (como autor do artigo) ou a fala de um aluno, seja na forma de discurso direto ou indireto, estarão entre aspas e em negrito;
- Nos relatos de experiência e na prática, os diálogos estarão organizados em quadros;
- A descrição da prática estará em primeira pessoa do singular, uma vez que não houve a participação do orientador durante as tarefas em sala de aula. Já as análises estarão em primeira pessoa do plural apresentando o trabalho conjunto;
- Durante as análises, os indícios de criatividade e os fatores que cooperaram para sua expressão serão sublinhados e associados ao referencial teórico;
- Na prática, alguns comentários feitos em sala, pela professora ou pelos alunos, aparecem entre aspas;
- Notas de rodapé foram criadas para facilitar a leitura da produção escrita dos alunos.
- Ao final dos relatos e da prática destacaremos os pontos relevantes, resumindo em um quadro os aspectos acerca da criatividade que surgiram durante as análises.

No capítulo a seguir, iniciamos as descrições e as análises de cada relato de experiência.

5 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RELATOS DE EXPERIÊNCIA

Nesse capítulo resumimos cada relato de experiência, trazendo fragmentos e/ou imagens que apresentem indícios de criatividade e fatores que colaboraram para o seu surgimento, além de tecer alguns comentários, analisando os dados coletados. Analisamos de forma aleatória os relatos, sendo assim, elas não se encontram ordem de publicação.

5.1 Uma experiência de Modelagem Matemática no ensino por ciclos no município de Porto Alegre (RS)

Beck (2017) desenvolveu uma experiência de modelagem matemática, em dezembro de 2016, com alunos de 8º ano da Escola Municipal de Ensino Fundamental Nossa Senhora de Fátima, em Porto Alegre-RS. Os alunos foram divididos em três grupos. A proposta geral da tarefa era acertar uma bolinha de papel na lixeira da sala de aula usando dispositivos de lançamento, como catapultas ou balistas, explorando relações com o conteúdo de razão e proporção.

Inicialmente, o arremesso da bolinha era braçal, e por isso os alunos tentavam acertar a lixeira aleatoriamente, mas o professor (regente da turma) e pesquisador ressaltou que a ideia era pensar em como acertar a lixeira por seguidas vezes, e para isso os alunos deveriam criar um modo de fazê-lo de forma constante. Apesar do lançamento braçal não cumprir o propósito da tarefa, esse momento inicial pareceu atrair os alunos para o ambiente de pesquisa, o que possibilitou, por parte dos estudantes, maior abertura à experiência, um traço de personalidade criativa citado por Mackinnon (1965, 1967, 1975 apud ALENCAR; FLEITH, 2003).

O interesse em um assunto a ser estudado é importante para que surja o momento ou a ideia criativa. É por meio dele que a motivação para se envolver com uma tarefa aparece (AMABILE, 2012). Por esse fato, observando o excerto a seguir, notamos que o tema da tarefa promoveu a motivação dos alunos, pois foi por meio do interesse e do entusiasmo que a turma prontamente respondeu ao convite do professor para tentar acertar a lixeira com uma bolinha de papel: **“Os alunos, nesse momento, consideraram fácil a prática ‘A sor, perai que vou fazer agora’ (Aluno LL, que arremessa, sentado, dentro da cesta a menos de 3 m de distância dele, e acerta)”** (BECK, 2017, p. 4). Respondendo a esse convite, os alunos demonstraram, ainda, iniciativa e decisão. Segundo Sternburg (2006), a criatividade é uma

questão de decisão, e esse fato cooperou para os alunos demonstrarem sua expressão criativa durante a tarefa.

“Após deixar os alunos tentarem livremente acertarem a cesta, começamos a tratar do que influenciava o lançamento e o respectivo acerto no alvo. Os alunos começaram a dizer diversas coisas que mudavam os parâmetros do lançamento para conceber um acerto, como a distância até o alvo; o fato da trajetória oscilar por causa da bolinha ser ‘leve’; a velocidade de lançamento; força usada; entre outras” (BECK, 2017, p. 4). Neste fragmento, o pesquisador relata a participação dos alunos e observamos aspectos relativos à criatividade. A sensibilidade para problemas é um deles, pois os alunos conseguiram enxergar o que era preciso mudar ou fazer para alcançar o objetivo da tarefa. Ao mesmo tempo, percebemos neste fragmento que a fluência de ideias também está presente, uma vez que os alunos foram gerando ideias para melhorar o lançamento da bolinha de papel. Ambas as características são importantes para a expressão da criatividade.

Observamos pelo trecho a seguir que o professor estimulou a aquisição do conhecimento em outros campos, afinal para entender mais sobre um assunto, o conhecimento é uma ferramenta importante para uma ideia criativa emergir: **“Começamos a discutir sobre os conceitos que citaram. Falamos sobre o conceito de aerodinâmica, que o formato da bola de papel amassada tem uma superfície irregular onde resulta que o ar passa em velocidades diferentes fazendo com que a bolinha não tenha uma trajetória retilínea. Para ilustrar o fenômeno da aerodinâmica falamos sobre ciclismo e balística”** (BECK, 2017, p. 4).

A busca por soluções, elaboração de suposições e formulação de hipóteses (características do pensamento criativo) foram identificadas a partir do diálogo do quadro 10, quando este aluno propôs trazer uma funda³² afirmando que resolveria o problema do lançamento braçal. O professor lhe disse que a força dos lançamentos deveria ser igual, e por isso o mesmo aluno disse que poderia medir a puxada da funda.

Quadro 10 – Fragmento do diálogo da aula 1.

<p><i>LL:</i> dá para trazer uma funda para acertar? <i>Professor:</i> a funda pode ser uma boa ideia, mas para que conseguir o objetivo é preciso que tu controle a força da funda. <i>LL:</i> mas dá sor, é só medir a puxada.</p>
--

Fonte: BECK (2017, p. 5).

³² Também conhecida por estilingue ou bodoque.

Os alunos prontamente entregaram os dispositivos de lançamento na aula seguinte a que o professor pediu. **“Num primeiro momento, ficamos surpresos com a disposição e a agilidade dos alunos em realizar a montagem da catapulta, apresentando modelos bem acabados e plenamente funcionais”** (BECK, 2017, p. 9). Por este fragmento, notamos que os alunos mostraram dedicação ao trabalho e espontaneidade ao prontamente apresentar seu dispositivo de lançamento na aula seguinte, pois mesmo não estando em sala de aula continuaram a tarefa em casa.

O grupo 1 mostrou sensibilidade para identificar a necessidade. No caso, o grupo se preocupou em trazer para a aula não só o dispositivo de lançamento, mas também bolinhas de diferentes tamanhos e pesos para fazer os testes. **“Este grupo trouxe diversas bolinhas de plástico/silicone de diâmetros e massas distintas”** (BECK, 2017, p.6).

Como habilidades criativas em matemática, podemos destacar que esse grupo 1 apresentou senso de proporção³³, uma vez que para resolver o problema da força que o elástico aplicava sobre a bolinha, foi resolvido por um dos alunos que usou uma fita métrica do professor para medir o quanto o elástico era esticado no lançamento. **“Em determinado momento, o aluno J viu que em cima da mesa do professor tinha uma fita métrica (que seria usada com outra turma em outra atividade) e usou para medir o quanto o elástico era esticado no lançamento. Constataram que quanto mais elástico era enrolado, mais longe (e mais alto) o projétil ia. A partir do ajuste da tensão elástica, os lançamentos ficaram certos ou passavam a menos de cinquenta centímetros do alvo, o que foi considerado um desempenho satisfatório”** (BECK, 2017, p. 6). Esse aluno, ainda, demonstrou independência de pensamento e ação, não esperando sugestão do professor ou dos colegas, pois simplesmente tomou uma atitude buscando encontrar caminhos e meios para resolver o problema (KRUTETSKII, 1976 apud GONTIJO, 2006a).

O grupo 2 confeccionou um trabuco, que é um cilindro com um balão de borracha na base. Segundo o relato de experiência, esse grupo pouco participou da tarefa e por esse motivo não temos muito que comentar sobre ele. Já o grupo 3 montou uma catapulta de papel que, com os testes de lançamento, foi perdendo a rigidez e precisão de lançamento. Sentimos falta de comentários sobre este grupo no relato, e por esse motivo também não temos comentários sobre ele. Na figura 6 podemos ver a criação de cada grupo.

³³ O senso de proporção, por vezes estará ligado à ideia de proporcionalidade sem fazer uso de cálculos matemáticos, e por vezes estará ligado ao cálculo efetuado em determinada situação. No caso em questão, o aluno usou apenas a ideia de proporcionalidade sem uso de cálculos, pois ele entendeu que quanto mais esticado o elástico (e por isso precisou pedir o quanto ele esticava), mais longe a bolinha seria lançada e para isso não precisou fazer nenhum cálculo, apenas o conhecimento sobre proporção o ajudou a pensar em uma maneira de solucionar o problema levantado pelo professor.

Figura 6 – Produções (da esquerda para direita) do grupo 1, grupo 2 e grupo 3.



Fonte: BECK (2017).

Como houve a confecção de três dispositivos de lançamento, o julgamento dos produtos faz-se necessário e, por isso, consideramos uma produção criativa a catapulta feita pelo grupo 1. Ela foi construída com madeira e com gatilho de disparo feito com um trinco de porta. Comparado às outras criações (que foram confeccionadas com materiais mais fracos e acessíveis) esta teve uma variedade de detalhes incomuns, apresentando elaboração (apresentação de uma variedade de detalhes), que segundo Guilford (1967 apud ALENCAR; FLEITH, 2003) é importante para o surgimento da criatividade, bem como representa a criatividade em ação. Além disso, a produção do grupo 1 atingiu o objetivo de acertar a lixeira seguidas vezes, não deformando e capaz de sofrer modificações a fim de cumprir o objetivo, mostrando-se eficaz e útil para o problema proposto.

Identificamos alguns fatores ambientais que cooperaram para a criatividade dos alunos durante a tarefa, independente se os dispositivos cumpriram seu propósito ou não. Primeiramente, o professor identificou o interesse dos alunos. Segundo Fleith e Alencar (2005) esse é um fator importante para criar o clima para criatividade em sala de aula. O professor e pesquisador percebeu que estudar o arremesso de uma bolinha de papel na lixeira poderia se constituir “**uma motivação para a investigação**” (BECK, 2017, p. 2). Além disso, ele também permitiu espontaneidade e iniciativa e não se preocupou em manter a ordem deixando os alunos sentados, pois era necessário que os alunos se movimentassem, conversassem e, claro, arremessassem várias vezes a bolinha de papel na lixeira.

Para o processo criativo, os alunos tiveram tempo para realizar a tarefa, o que também foi um fator que cooperou para a criatividade, afinal foram 300 minutos de aula e períodos espaçados entre uma aula e outra (para a continuação da tarefa em casa), o que colaborou para que os alunos pensassem na tarefa mesmo quando não estavam sob a orientação do professor. Durante esse tempo disponibilizado, os alunos puderam passar por algumas fases do processo criativo, como análise do problema, formando hipóteses e testando-as, gerando ideias para

resolver o problema dado. Identificamos, ainda, o estímulo à manipulação de objetos (a catapulta, o trabuco, as diferentes bolinhas) e ideias (Onde as bolinhas cairão? Qual é a força a ser empregada? Como posicionar os dispositivos?), que segundo Torrance (1976) é relevante para a expressão criativa.

Observamos o professor tomar uma posição de se aventurar em uma nova (e primeira) experiência em sala de aula com a modelagem matemática quando disse: **“começamos trazendo o desafio, ‘O objetivo desta atividade será acertar uma bolinha de papel dentro da cesta de lixo’”** (BECK, 2017, p. 3). Dessa forma, desenvolveu uma atmosfera criativa em aula e vemos no fragmento a seguir essa atitude: **“Durante a aula, vemos inúmeras vezes o lançamento de uma bola de papel em direção a cesta, inclusive com o convite para que o professor ‘aposte’ se o aluno irá acertar ou não. Acabamos percebendo, ao longo da rotina docente, que esta ação poderia ser algo de uma motivação para a investigação”** (BECK, 2017, p. 2). O professor, ainda, criou um ambiente de sensação de liberdade: **“Após deixar os alunos tentarem livremente acertarem a cesta”** (BECK, 2017, p. 4), trazendo uma experiência em que os alunos pudessem arriscar, explorar, experimentar, inovar, sem medo de avaliações ou críticas. O fato de a tarefa ser heurística, como sugere Amabile (2018), pode ter colaborado para a criatividade dos alunos.

Como parte da tarefa foi feita em casa, com a confecção dos dispositivos, identificamos também a abundância de material diversificado, que possibilitou a construção das catapultas e do trabuco. A disponibilidade de material é um fator que coopera para a criatividade (FLEITH; ALENCAR, 2005). Como novo fator, percebemos que o fato de propor uma aula diferente da convencional, livre da pressão de executar cálculos em exercícios preparados e, ainda, a tarefa em forma de desafio aberto (sem qualquer solução previamente aceita pelo professor) abriu caminho para a expressão criativa dos alunos.

Para sintetizar todas as observações feitas sobre este relato de experiência, expomos no quadro 11 de forma destacada – e cumprindo com os objetivos desta pesquisa – as evidências de criatividade e os fatores que cooperaram para seu surgimento:

Quadro 11 – Evidências e fatores do relato 5.1.

Evidências de criatividade na personalidade, no cognitivo e nas atitudes dos alunos:		Fatores que cooperaram para a criatividade dos alunos:	
Da literatura consultada	Novas evidências	Da literatura consultada	Novos fatores
<ul style="list-style-type: none"> - Iniciativa - Decisão - Maior abertura à experiência - Fluência de ideias - Motivação - Interesse - Entusiasmo - Sensibilidade para problemas - Dedicção ao trabalho - Espontaneidade - Sensibilidade para identificar a necessidade - Senso de proporção - Independência de pensamento e ação - Busca por soluções - Elaboração de suposições - Formulação de hipóteses - Encontrar caminhos e meios para resolver o problema - Elaboração 		<ul style="list-style-type: none"> - Tempo - Tarefa heurística <p>O professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificou o interesse (dos alunos) - Permitiu espontaneidade e iniciativa - Estimulou a manipulação de objetos e ideias - Tomou uma posição aventureira - Desenvolveu uma atmosfera criativa em aula - Criou um ambiente de sensação de liberdade - Estimulou a aquisição do conhecimento em outros campos <p>Os alunos tiveram em suas casas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abundância de material diversificado 	<p>O professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Propôs uma aula diferente da convencional; - Desenvolveu uma tarefa em forma de desafio aberto.

Fonte: dos autores.

5.2 Modelagem Matemática: conhecendo o espaço escolar em formas e tamanhos

Frantz (2013) desenvolveu um projeto de pesquisa em um ambiente de aprendizagem de modelagem matemática, com alunos de 7º ano do Ensino Fundamental e participação também de alunos do 8º ano, de uma Escola Municipal de Ensino Fundamental General Osório, no município de Herveiras-RS, no período de junho a novembro de 2012. O projeto envolvia a confecção de uma maquete com medidas proporcionais ao tamanho real. Assim, os alunos conheceriam o espaço escolar, **“no qual passam boa parte do seu tempo e não se dão conta de observar todas as formas, medidas, razões, proporções e tamanhos que o compõem e as diversidades e aplicações da Matemática nesse espaço”** (FRANTZ, 2013, p. 1), promovendo assim uma experiência de aprendizagem próxima às da vida real. Fleith e Alencar (2005) acreditam que este é um modo de promover a criatividade dos alunos.

Ao longo de todo o período, a construção da maquete permitiu a exploração dos conteúdos matemáticos (área, escala, ampliação, razão, proporção e regra de três) que

nortearam a proposta. À medida que aprendiam os conteúdos, novas tarefas eram passadas aos alunos. Eles tiveram contato com vários recursos diversos, que enriqueceu a aprendizagem deles e que pode ter cooperado para expressão de sua criatividade, como o uso da máquina fotográfica, acesso ao computador e a softwares, manuseio de materiais de artesanato, etc.

Durante o relato, notamos que a professora foi orientando os alunos sobre o que fazer a partir do conteúdo que iam aprendendo, como quando pediu que eles fizessem uma malha quadriculada sobre a imagem do terreno da escola, gerada pelo *software Google Earth*, ou quando pediu que fizessem o mesmo na chapa de MDF, sobre a qual construiriam a maquete, ou quando pediu que ampliassem o terreno da escola a partir dessa imagem do terreno da escola.

Apesar dessa condução, percebemos que no ambiente da sala de aula foi permitido espontaneidade ao invés de a professora manter a ordem com os alunos sentados em suas posições, que segundo Alencar (1990) é um fator que coopera para a criação do ambiente criativo. Além disso, foi estimulada a manipulação de ideias e de objetos (TORRANCE, 1976), pois os alunos estavam manuseando, escrevendo, rabiscando, desenhando, calculando, como podemos ver na figura 7. Isso pode ter contribuído para a criatividade dos alunos durante todo o projeto.

Figura 7 – Alunos trabalhando nas partes do projeto.



Fonte: FRANTZ (2013).

Quando os alunos precisaram calcular a altura das construções altas, das árvores, escadas e outros locais do espaço escolar, eles usaram a matemática a seu favor, mostrando senso de proporção³⁴, que segundo Mackiewicz (2004 apud GONTIJO, 2006a) é considerada uma habilidade criativa em matemática. Além disso, apresentaram a capacidade de criar um método não usual para o problema quando tiraram fotos de si mesmos ao lado das construções para calcular sua real altura, como podemos ver na figura 8. Em seguida, eles fizeram os cálculos das medidas reais usando proporção.

³⁴ Neste caso, os alunos usaram dos conhecimentos de proporcionalidade, efetuando cálculos.

Figura 8 – Alunos usando a si mesmos como modelos para cálculos das construções altas.



Fonte: FRANTZ (2013).

Notamos que um aluno teve sensibilidade a problemas quando uma questão foi levantada: como iriam marcar as alturas na chapa de MDF? Vemos a sugestão desse aluno no trecho a seguir: **“Várias ideias e sugestões surgiram, até o momento que um aluno afirmou que seria mais fácil se colassem algo que ficassem em pé, para então marcar onde ficariam as alturas. A partir desta sugestão os alunos pegaram palitos de picolé existentes na escola e fixaram com argila sobre a chapa de MDF”** (FRANTZ, 2013, p. 7). Esse aluno identificou a necessidade além dos demais (TORRANCE, 1965 apud ALENCAR; FLEITH, 2003), inventando uma maneira de solucionar o problema levantado.

Observemos os seguintes fragmentos: **“iniciaram os cálculos das medidas aproximadas das alturas de cada ambiente em tamanho real. Foi neste momento que o conteúdo de regra de três foi introduzido aos alunos, e trabalhado durante as aulas utilizando os cálculos das medidas reais aproximadas encontradas por eles, com a medida da maquete”** (FRANTZ, 2013, p. 6) e **“os alunos trabalharam com entusiasmo a associação de semelhança com a imagem real do espaço escolar, para a maquete ao realizar a montagem dos seus acabamentos”** (FRANTZ, 2013, p. 8). A partir deles, podemos inferir que o conhecimento do conteúdo foi um fator importante para a expressão da criatividade dos alunos, pois sem esse conhecimento não seria possível criar o modelo (a maquete) com medidas proporcionais às do terreno da escola. Além disso, podemos observar o entusiasmo dos alunos pela fala da professora.

Os alunos demonstraram padrões perfeccionistas, uma importante característica de pessoas criativas segundo Maslow (1968 apud ALENCAR; FLEITH, 2003) e elaboração, acrescentando uma variedade de detalhes na confecção do ginásio e de outros prédios, na pintura e no acabamento da maquete, como podem ver na figura 9.

Figura 9 – Maquete finalizada (à esquerda) e foto do terreno da escola.



Fonte: FRANTZ (2013).

Podemos afirmar que o tempo foi um grande aliado para a confecção da maquete, sobretudo a perseverança e a dedicação ao trabalho, pois foi uma tarefa longa (de julho a novembro de 2012) e o comprometimento (nova evidência na personalidade criativa dos alunos) foram importantes para contribuir para a criatividade dos alunos. Na figura 10 observamos os alunos trabalhando nos detalhes da maquete e para que esses detalhes fossem semelhantes aos do terreno da escola, a disponibilização de material diversificado e abundante foi relevante para os alunos demonstrarem seu potencial criativo.

Figura 10 – Alunos trabalhando na maquete (relato de experiência 5.2).



Fonte: FRANTZ (2013).

“A construção dessa atividade demonstrou que o trabalhar em grupo gera novas relações dos alunos perante seus colegas de classe que desenvolveram sua habilidade de raciocinar logicamente, com autonomia, imaginação, e respeito sabendo emitir opiniões e receber críticas” (FRANTZ, 2013, p. 11). Pela fala da pesquisadora, nesta passagem podemos identificar o desenvolvimento de habilidades de crítica construtiva (TORRANCE, 1976), a ênfase na cooperação (FLEITH; ALENCAR, 2005) ao invés da competição, o desenvolvimento de uma atmosfera criativa durante as aulas e, por fim, a promoção de um ambiente de respeito e aceitação mútua (ALENCAR, 1990).

Segundo a pesquisadora, esse projeto possibilitou “a **interação, dinamismo e motivação dos alunos**” (FRANTZ, 2013, p. 11), uma vez interessados em um projeto, a motivação se tornou uma chave para a manifestação da criatividade em todo o projeto, concretizada na maquete finalizada. Afirma, ainda, que os alunos desenvolveram “**suas habilidades em recriar os espaços, com imaginação e criatividade**” (FRANTZ, 2013, p. 11) ao confeccionar a maquete. Acreditamos que a “criatividade” mencionada pela pesquisadora nesse momento não tem o mesmo significado tratado nas teorias ou nas definições que abordamos. Entendemos que ela usou o termo “no senso comum”, que envolve

mais qualidades materiais de um produto acabado (como as cores usadas, a riqueza de detalhes, o acabamento da maquete) do que um conceito ligado a características pessoais e influências do ambiente.

Por fim, observamos novos fatores que contribuíram para a criatividade dos alunos no processo e na finalização da maquete. Confeccionar uma maquete com medidas proporcionais às reais constitui-se um desafio inédito que até então os alunos não haviam se deparado e ter proporcionado uma aula diferente do convencional também foi um fator. E como falamos anteriormente, o manuseio de recursos diversos pode ter ajudado os alunos a demonstrarem sua criatividade durante o processo.

A análise desse relato de experiência apresentou evidências de criatividade, bem como fatores para a sua promoção. No quadro 12, resumimos essas informações:

Quadro 12 – Evidências e fatores do relato 5.2.

Evidências de criatividade na personalidade, no cognitivo e nas atitudes dos alunos:		Fatores que cooperaram para a criatividade dos alunos:	
Da literatura consultada	Novas evidências	Da literatura consultada	Novos fatores
<ul style="list-style-type: none"> - Senso de proporção - Capacidade de criar um método não usual para o problema - Sensibilidade a problemas - Identificou a necessidade - Conhecimento - Entusiasmo - Padrões perfeccionistas - Elaboração - Motivação - Perseverança - Dedicção ao trabalho 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprometimento 	<ul style="list-style-type: none"> - Experiência de aprendizagem próxima às da vida real; - Tempo <p>O professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Permitiu espontaneidade ao invés de manter a ordem; - Estimulou a manipulação de ideias e de objetos - Disponibilizou material abundante e diversificado - Promoveu o desenvolvimento de habilidades de crítica construtiva - Deu ênfase na cooperação - Proporcionou atmosfera criativa durante as aulas - Promoveu um ambiente de respeito e aceitação mútua 	<ul style="list-style-type: none"> - Manuseio de recursos diversos como máquina fotográfica, acesso a computadores e softwares e manuseio de artesanato. <p>O professor</p> <ul style="list-style-type: none"> - Promoveu um desafio inédito - Proporcionou uma aula diferente do convencional

Fonte: dos autores.

5.3 O problema do estacionamento da escola

Gajko (2017) descreve uma tarefa de modelagem que desenvolveu com seus alunos de 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola particular³⁵ de Porto Alegre-RS. A escola em que trabalha adquiriu, na época, um lote adjacente para a construção de um estacionamento para os funcionários da escola. Com o objetivo de explorar o conteúdo de trigonometria, o professor levou os alunos ao terreno e deu-lhes a tarefa de planejar um estacionamento naquele local, com o maior número de vagas possível, respeitando as restrições físicas.

O professor pediu aos alunos que trouxessem trena e papel para anotar informações que coletariam sobre o terreno na aula seguinte. Com medo de que a exploração dos estudantes ficasse distante da realidade, o professor deu dicas sobre como um estacionamento deve ser: deve ter espaço para manobrar, espaço na vaga pensando em carros grandes, entre outros apontamentos.

A fala do professor pesquisador apresenta um argumento para a motivação de seus alunos para execução dessa tarefa, quando relatou que **“inclusive alunos que normalmente não demonstram um grande interesse pela matemática da sala de aula se mostraram animados para fazer um bom trabalho”** (GAJKO, 2017, p. 3). A motivação vem do interesse de se envolver com a tarefa (AMABILE, 2012), e segundo o pesquisador a animação (o mesmo que entusiasmo) também ajudou os alunos a desenvolverem o trabalho.

O professor e os alunos visitaram o terreno em três aulas, ficando lá por pouco tempo. A confecção dos projetos do estacionamento foi feita em casa, com prazo de entrega de uma semana. Após esse período, os grupos apresentariam para seus colegas. Nesse relato de experiência, o pesquisador apenas apresentou o projeto de 6 grupos, afirmando que algumas contribuições foram semelhantes.

“Os alunos falaram com uma arquiteta para seguir um padrão nas medidas, seguindo normas da prefeitura. Pesquisaram no Google sobre as normas, site da prefeitura, e conseguiram planejar espaço para 12 vagas” (GAJKO, 2017, p. 4). Por este fragmento, observamos que o grupo 1 demonstrou uma característica nova para a personalidade criativa: o comprometimento em fazer um bom trabalho, ao consultar a opinião de um profissional. Demonstraram, também, interesse e curiosidade ao fazer pesquisas no Google, no site da prefeitura e, também, ao consultar uma arquiteta para saber mais sobre as normas de estacionamentos. Csikszentmihalyi (2015) acredita que a curiosidade, seguida do

³⁵ Não foi identificada a escola no relato.

interesse e do entusiasmo, sejam características de um indivíduo criativo. Espontâneos, os alunos foram levados à busca pelo conhecimento em outra área para fazer a tarefa, o que possibilitou o desenvolvimento da criatividade do grupo.

O grupo 1 também mostrou ter sensibilidade para problemas, pois sendo o terreno pequeno, é necessário deixar um espaço para a manobra dos veículos, e um dos integrantes do grupo afirmou: **“o nosso eu tenho certeza que é o maior espaço de manobra”** (GAJKO, 2017, p. 4), comparando seu trabalho com o dos outros colegas e demonstrando autoconfiança, importante para a criatividade, segundo Alencar e Fleith (2008). Essa preocupação com o espaço para manobrar precisou de momentos para elaborar suposições, formular hipóteses e testar hipóteses, ou seja, esses alunos mostraram um pensamento divergente e encontraram um caminho para resolver esse problema, usando uma visão espacial, projetando um estacionamento com um dos lados com 8 vagas perpendiculares ao muro, e do outro com 4 vagas paralelas ao muro, deixando mais espaço no meio do terreno para manobras. Esse grupo também mostrou entusiasmo. Notamos isso quando lemos **“Esse grupo foi o primeiro a se manifestar quando perguntei quem gostaria de apresentar”** (GAJKO, 2017, p. 4). Mais uma vez a autoconfiança foi observada, quando o professor afirma que os **“alunos ficaram bastante contentes e confiantes sobre a qualidade de seu trabalho”** (GAJKO, 2017, p. 4).

O grupo 2 fez algo diferente do grupo 1. **“Esse grupo sugeriu vagas para motos”** (GAJKO, 2017, p. 4). Isso mostra sensibilidade para ver a necessidade, importante característica do pensamento criativo, segundo Torrance (1965 apud ALENCAR; FLEITH, 2003). Os alunos visualizaram o problema de outra forma, desenhando um estacionamento para carros e motos. Outra característica que levantamos sobre esse grupo foi a sensibilidade para problemas. Pela fala de uma das integrantes do grupo, **“pesquisamos uma média das medidas dos carros para saber o tamanho de cada uma”** (GAJKO, 2017, p. 5), podemos notar que há uma preocupação em saber qual tamanho deveria ter uma vaga de carro. As duas alunas que compunham esse grupo viram a necessidade de buscar uma solução para este problema de tamanho dos carros, demonstrando curiosidade e pesquisando sobre o assunto.

Sobre o grupo 3, o trecho **“Diferentemente da maioria dos grupos, esse conjunto de alunas decidiu fazer uma maquete. Indubitavelmente o tempo gasto na confecção dessa planta foi muito maior do que o dos grupos que fizeram seu projeto em papel”** (GAJKO, 2017, p. 5), evidencia que as integrantes demonstraram interesse e espontaneidade, porém o projeto não alcançou seu propósito, pois **“os resultados apresentados pelas alunas são**

questionáveis, uma vez que as dimensões para as vagas parecem estar abaixo do mínimo necessário” (GAJKO, 2017, p. 5).

O grupo 4 demonstrou interesse e curiosidade como o grupo 1, pois **“se preocuparam em conversar com algum profissional da área e constataram que o espaço para manobrar os carros ficaria limitado”** (GAJKO, 2017, p. 5). Com medo de que faltasse espaço para manobras, desenhou 7 vagas perpendiculares e 4 vagas paralelas ao outro muro. O pesquisador não relatou muito sobre este grupo.

O grupo 5 demonstrou uma sensibilidade para problemas diferente dos outros grupos. **“Esse foi o único grupo que demonstrou se preocupar com vagas preferenciais”** (GAJKO, 2017, p. 6), e assim fizeram seu projeto com 11 vagas, sendo uma para deficientes. Porém, esse projeto também não cumpriu bem o objetivo pedido pelo professor, pois o desenho e suas medidas não condiziam com a realidade do terreno.

Enfim, o grupo 6, que terminou o trabalho durante a apresentação dos colegas, apresentou por último um projeto com 14 vagas. **“Mesmo demonstrando empenho na tarefa proposta em aula, vide ida ao shopping para coleta de dados, chama a atenção o comprimento da vaga escolhido pelas alunas”** (GAJKO, 2017, p. 8). Este fragmento nos aponta que o grupo demonstrou interesse e curiosidade ao buscar em um shopping as medidas de uma vaga de estacionamento.

“Os alunos me surpreenderam na qualidade dos trabalhos e na busca por soluções. Essa metodologia foi aprovada também pelos estudantes, que se interessaram mais pela Matemática, uma vez que estudar situações reais é mais atrativo, permitindo uma aprendizagem mais consistente” (GAJKO, 2017, p. 12). Este fragmento apresenta a percepção do professor acerca de como a tarefa foi recebida pelos seus alunos. Por meio dessa percepção podemos inferir que os alunos demonstraram entusiasmo, motivação, comprometimento e espontaneidade. Podemos inferir, inclusive, que os alunos mostraram-se abertos a essa experiência, como podemos ver no diálogo do quadro 13:

Quadro 13 – Discussão sobre o projeto do grupo 4.

<p><i>Prof:</i> “O que vocês acharam de dedicar alguns períodos da aula para fechar os cadernos e aprender de outra forma?” <i>EO</i> (grupo 1): “Muito tri sôr.” <i>ME</i> (grupo 3): “Vamos fazer mais vezes!” <i>GR</i> (grupo 3): “Melhor que teste, hein.” <i>RO</i> (grupo 1): “Esse tipo de proposta abre os olhos para futuras profissões. Muito melhor que Bhaskara.”</p>
--

Fonte: GAJKO (2017, p. 6).

Neste relato notamos que vários fatores influenciaram a expressão criativa dos alunos: o primeiro deles foi o tempo, pois os alunos puderam tomar decisões com calma, escolher a inclinação da vaga no projeto, se colocariam vagas para motos, preferenciais, com largo espaço para manobrar, consultaram profissionais e realizaram buscas em sites de pesquisa. Observamos isso nos extratos a seguir: **“As confecções foram feitas em casa a partir dos dados coletados e as produções finais foram apresentadas em aula para a turma”** (GAJKO, 2017, p. 3) e **“uma semana depois eles deveriam entregar uma planta de um estacionamento”** (GAJKO, 2017, p. 3).

O professor promoveu a sensação de liberdade para arriscar, explorar, experimentar, como podemos notar no excerto a seguir: **“segundo minha percepção, foi exatamente essa liberdade que favoreceu que os alunos se engajassem na proposta”** (GAJKO, 2017, p. 10). Além disso, desenvolveu habilidades de crítica construtiva, no início da tarefa, ao levar os alunos ao terreno adjacente onde **“os alunos pareceram bastante envolvidos com a proposta. Pediram para caminhar em meio à equipe da construção para tomar medidas e imaginar a disposição das vagas”** (GAJKO, 2017, p. 3), e no fechamento da tarefa, trazendo uma perspectiva crítica para a prática, como podemos observar pelos diálogos dos quadros 14 e 15.

Quadro 14 – Discussão para conclusão do projeto.

Prof: “Qual a conclusão final sobre o trabalho que vocês fizeram?”
Turma: “O terreno não é feito para ser um estacionamento.”
EO (grupo 1): “Poderia ser um local de estudos.”
EP (grupo 5): “Poderia ser um outro prédio também.”
Prof: “Poderia ser uma extensão da escola. Poderia.”
EP (grupo 5): “Poderia ser um prédio pro ensino médio.”

Fonte: GAJKO (2017, p. 8).

Quadro 15 – Discussão para conclusão do projeto.

Prof: “O que mais vocês puderam perceber?”
I (grupo 2): “Estacionamento oblíquo é o que cabe mais vagas.”
E (grupo 1): “De certa forma eu concordo, mas com essa inclinação dos dois lados não tem espaço para manobrar.”
ME (grupo 5): “Se ele sair de ré ele consegue manobrar.”

Fonte: GAJKO (2017, p. 9)

Com as apresentações dos projetos, o professor criou uma discussão, levando os alunos a verificar cada ideia sistematicamente além de envolver os alunos na avaliação do próprio trabalho e na aprendizagem através dos próprios erros, fator importante para a

promoção da criatividade, como afirmam Fleith e Alencar (2005). Vemos isto nos diálogos dos quadros 16 e 17:

Quadro 16 – Discussão sobre o projeto do grupo 4.

Prof: “Podemos perceber que alguns grupos não fizeram um desenho simétrico. De um lado as vagas estão numa inclinação e de outro estão em outra. Por que vocês acham que eles fizeram assim?”
Aluna que não fez assim: “Para dar mais espaço para manobrar”.

Fonte: GAJKO (2017, p. 6).

Quadro 17 – Discussão sobre o projeto do grupo 5.

Prof: “Pessoal (para a turma), essa planta aqui passou no teste?”
Prof: “Se essa vaga tem que ter 4 metros e o espaço para manobrar 3 e 50 fica estranho esse espaço do desenho ser maior do que o da vaga. Percebi isso porque se imaginarmos um carrinho proporcional à vaga, vemos que ele facilmente manobra para sair. Contudo, manobrar foi o principal problema de todos os grupos.”
Prof: “Antes de eu dizer isso, alguém tinha percebido esse fato?”
RO (aluno do grupo 1): “Eu. Mas eu percebi isso em todos os grupos.”

Fonte: GAJKO (2017, p. 6-7).

Pelo fragmento a seguir observamos que o professor mostrou ter espírito aventureiro, o que coopera para o surgimento da criatividade: **“Eu não tenho o hábito de propor trabalhos a serem apresentados pelos alunos. No nono ano eu costumo avaliar os alunos a partir de provas e testes, assim como tarefas de casa e produção em aula. Creio que tenho certa dificuldade em propor atividades em que os espaços para imprevistos sejam maiores, assim como a autonomia dos alunos e os rumos a serem seguidos”** (GAJKO, 2017, p. 10).

A prática relatada foi de natureza aberta, e não havia uma única resposta correta, por isso é considerada de uma tarefa heurística. Percebemos que, no processo, os alunos analisaram o problema, indo até o terreno adjacente à escola, e reuniram informações para desenvolver a tarefa. Também geraram várias ideias, algumas semelhantes, outras com um diferencial (vaga para motos, vaga para deficientes, mais espaço para manobrar), testaram juntos em sala com o professor por meio das discussões, porém não foi escolhida uma solução, já que não era o intuito da prática escolher o trabalho “mais correto”, e sim testar e validar as ideias dos projetos apresentados.

Como novos fatores que contribuíram para a expressão criativa dos alunos, notamos que proporcionar uma aula diferente do que é trabalhado em sala trouxe possibilidades para o desenvolvimento da criatividade. O desafio lançado de projetar um estacionamento também

foi um fator importante. Foi do desafio que veio a motivação dos alunos para se envolver com a tarefa.

No quadro 18, resumimos as observações referentes às evidências e aos fatores que proporcionaram a criatividade.

Quadro 18 – Evidências e fatores do relato 5.3

Evidências de criatividade na personalidade, no cognitivo e nas atitudes dos alunos:		Fatores que cooperaram para a criatividade dos alunos:	
Da literatura consultada	Novas evidências	Da literatura consultada	Novos fatores
<ul style="list-style-type: none"> - Motivação - Interesse - Curiosidade - Sensibilidade a problemas - Elaborar suposições, formular hipóteses e testar hipóteses - Encontraram um caminho para resolver esse problema - Visão espacial -Entusiasmo -Autoconfiança - Sensibilidade para ver a necessidade - Espontaneidade - Abertura para a experiência 	-Comprometimento	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo - Tarefa heurística - busca pelo conhecimento em outra área <p>O professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Criou um ambiente de sensação de liberdade para arriscar, explorar, experimentar - Ajudou a desenvolver nos alunos habilidades de crítica construtiva, -Ensinou a verificar cada ideia sistematicamente - Envolveu os alunos na avaliação do próprio trabalho e na aprendizagem através dos próprios erros - Teve espírito aventureiro 	<p>O professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proporcionou uma aula diferente do que é trabalhado em sala - Deu um desafio

Fonte: dos autores.

5.4 Os efeitos da maconha no organismo: uma experiência desenvolvida em um ambiente de Modelagem Matemática

Ferreira (2009) relata uma experiência desenvolvida em ambiente de modelagem matemática, elaborada pelo Grupo Colaborativo em Modelagem Matemática da Universidade Estadual de Feira de Santana-BA. Ela foi aplicada em uma turma de 8º ano do Ensino Fundamental de uma escola do município de Feira de Santana³⁶. O tema proposto – os efeitos da maconha no organismo – foi desenvolvido de acordo com o caso 1 de Barbosa (2003). Os motivos para a atividade ser aplicada foram: a transversalidade do currículo e o fato da escola estar situada em um bairro que existe alto índice de mortes por tráfico de drogas e roubos.

³⁶ Não foi identificada a escola no relato.

O professor (regente da turma e pesquisador) trouxe um vídeo para introduzir o tema para a turma. Pediu que os alunos se dividissem em grupos de quatro integrantes, entregou um texto com informações científicas sobre a maconha e uma folha com o problema a ser resolvido. O professor, então, fez a leitura com os alunos: **“O efeito da maconha é três vezes mais potente quando fumado que quando ingerido pela boca (mascado ou chá). Um cigarro de maconha tem aproximadamente 50mg de THC - tetrahydrocannabinol. Porém parte do THC é liberada na fumaça e na prática a quantidade de THC na corrente sanguínea após o uso de um cigarro de maconha é aproximadamente 8mg. Alguns dos pesquisadores indicam uma meia vida* de 24 horas para o THC. (*meia vida = é o período que determinada substância leva para reduzir-se pela metade)”** (FERREIRA, 2009, p. 4).

No relato identificamos que os alunos tiveram dificuldades para entender sobre o que é meia vida. O professor foi ao quadro com um exemplo de um poço com água, e tentou fazer os alunos pensarem o que aconteceria com um poço de água que estivesse cheio até a borda, mas tivesse uma meia vida de 24h. Eles entenderam que a metade da água sumiria após 24h, e após mais 24h sumiria a metade do que restou, e após outras 24h a metade da metade do que restou, e assim por diante. Podemos observar no diálogo do quadro 19, ao final, que o aluno A usa a expressão “metade da metade”, mostrando que compreendeu o problema que o professor lhes entregou: **“Levando em consideração a reportagem e os dados do texto acima, como é possível estimar a quantidade de THC no organismo no decorrer do tempo, considerando o período de meia vida do THC, em um jovem que usou dois cigarros de maconha e não fez mais uso subsequente?”** (FERREIRA, 2009, p. 5).

No relato, o autor apresenta o diálogo que teve entre o professor e o grupo 1. Este, por sua vez, tenta argumentar e entender o problema, como podemos ver no quadro 19. Neste diálogo, vamos observar que o grupo demonstrou esforço ao buscar entender o problema, acompanhando o raciocínio do professor que os ajudava a interpretar o problema. Neste caso, o esforço foi algo que ajudou os alunos a buscar a solução para o problema proposto pelo professor, apresentando-se como uma nova evidência da personalidade criativa.

Quadro 19 – Diálogo entre o grupo 1 e o professor.

Professor: E o problema diz mais o quê? Ele fuma 2.
Aluno A: Mais é metade.
Professor: Sim. E ele faz uso depois? Ele fuma outro cigarro?
Aluno B: Não.
Professor: Não. Então, ele só fumou dois.
Aluno C: Cada dia ele fuma dois.
Professor: O problema diz isso: que cada dia ele fuma dois?
Aluno D: Ele usou uma vez dois cigarros e pronto.
Professor: Isso. Então, ele usou apenas uma vez dois cigarros. Parou. Foi isso?
Aluno D: Aí ficaram 8 miligramas.
Professor: 8 miligramas para um cigarro.
Aluno A: Para dois tem 16.
Professor: Certo. O que é que acontece com esse miligrama quando decorrida a meia vida dele?
Aluna E: A cada 24 horas vai sumindo meio a meio.
Professor: Isso! Um dia tem quantas horas?
Aluno E: 24!!!
Professor: A cada dia vai acontecendo o quê?
Aluno E: Reduzindo metade.
Professor: Então, no primeiro dia ela tem uma quantidade?
Aluno A: No segundo, metade da metade; depois metade da metade da metade.

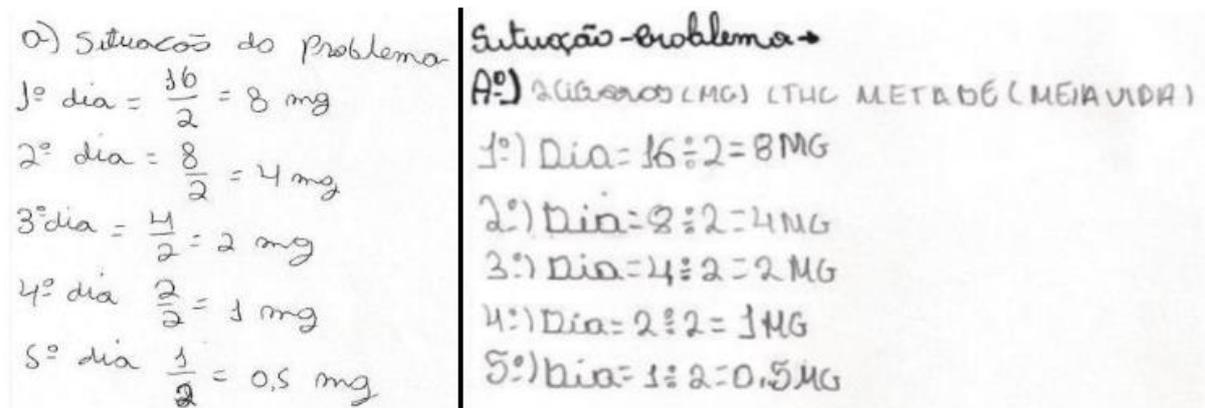
Fonte: FERREIRA (2009, p. 5-6).

Após esse problema inicial, outras questões foram propostas:

- a) Como é possível representar a quantidade de THC presente no organismo decorridos 24h do uso do cigarro? Como você representaria passados 2, 3,... e 5 dias do uso do cigarro?
- b) Como é possível encontrar a quantidade de THC presente no organismo no 10º dia após o uso do cigarro? E no 20º dia?
- c) De acordo com os dados obtidos nas questões anteriores a substância sairá totalmente do organismo em algum momento? Justifique. (FERREIRA, 2009, p. 6)

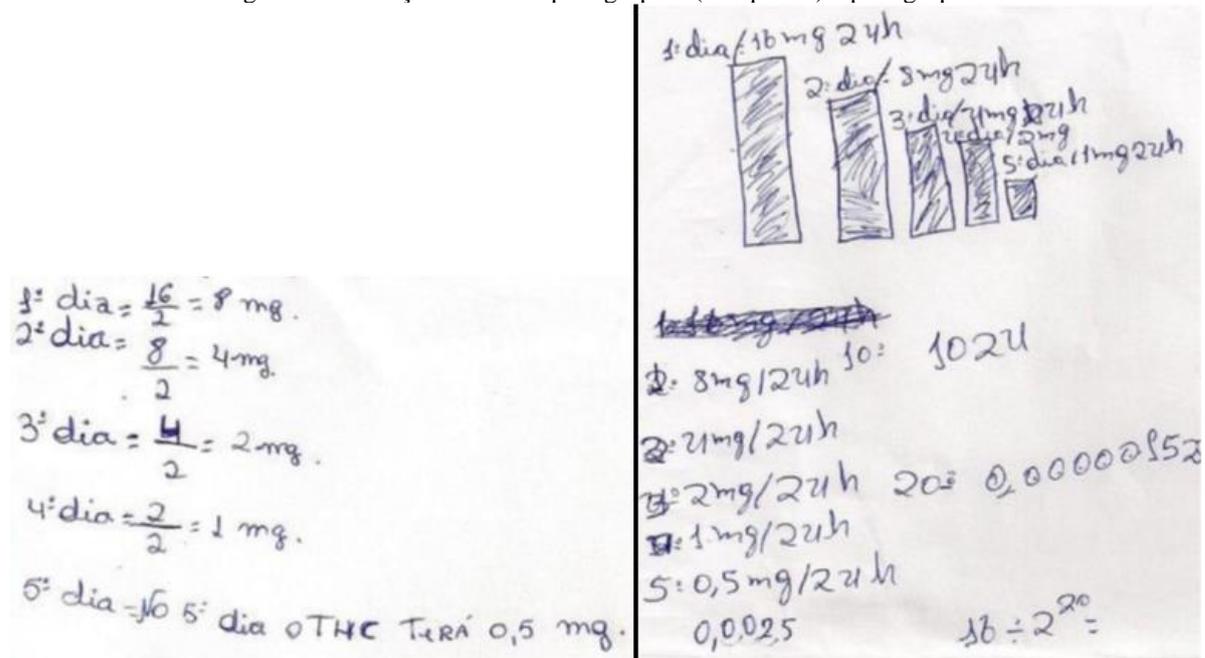
Para responder o item (a), um dos grupos apresentou uma resposta diferente comparada a dos outros, como podemos ver nas figuras 11 e 12. Notamos nestas respostas que, apesar dessa tarefa ter sido de caráter fechado (possuindo resposta única), observamos que a criatividade aqui foi identificada pela forma como o grupo 4 organizou sua solução. Eles apresentaram um desenho, ou seja, redefiniram a informação que possuíam antes, além de prosseguir com os cálculos (mesmo que o resultado estivesse errado, uma vez que a resposta para o 6º dia era pra ser 0,25mg e não 0,0025mg). Esse grupo usou o conhecimento da divisão de decimais, que comparado à resposta dos demais, continuou a divisão por 2. O grupo expressou corretamente a solução para o 20º dia, dando a entender que sabe expressar para qualquer número de dias, uma vez que escreveram $16 \div 2^{20}$ e calcularam seu resultado. Apesar disso, escreveram a resposta na forma decimal com erro (na parte decimal, tem um zero a mais) quando representaram por 0,00000152 (com 8 casas decimais) quando deveria ser 0,00001526.

Figura 11 – Solução do item a pelo grupo 1 (à esquerda) e pelo grupo 2.



Fonte: FERREIRA (2009, p. 6).

Figura 12 – Solução do item a pelo grupo 3 (à esquerda) e pelo grupo 4.



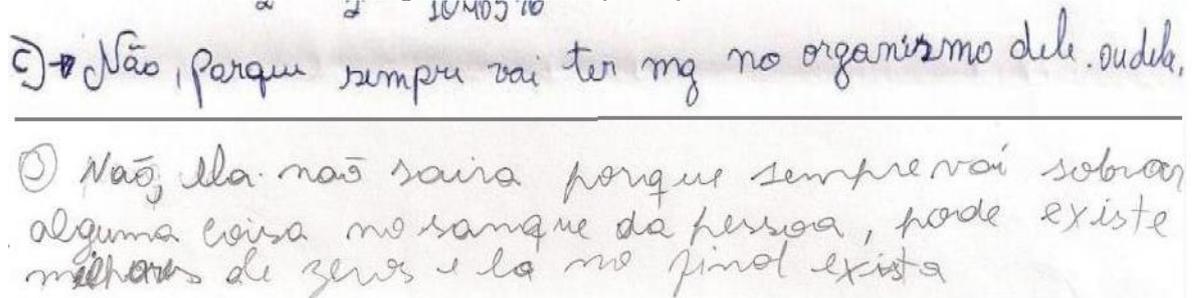
Fonte: FERREIRA (2009, p. 7).

Para responder o item (b), o professor precisou ajudar os alunos para que eles enxergassem um padrão ou uma fórmula. Ele escreveu no quadro o mesmo raciocínio que os alunos fizeram no item (a), e ao final escreveu $\frac{2 \times 8 \text{ mg}}{2^*}$. “Então, perguntei: o que o expoente representa naquela situação? Fui perguntando de um por um, até chegar o momento em que eles perceberam que o expoente se refere ao dia. Perguntei: E para calcularmos o décimo dia, o que deveríamos fazer? Um aluno disse que bastaria substituir o expoente por 10, pois estava representando o número de dias”. (FERREIRA, 2009, p. 9-10). Este

trecho mostra a grande dificuldade dos alunos ao usar potenciação. Não conseguimos identificar evidências de criatividade nas respostas deles.

Vemos nas respostas para a questão (c) a percepção crítica dos alunos acerca do tema (ver figura 13). Eles entenderam que o THC não sai completamente do organismo, pois sempre há substância.

Figura 13 – Duas respostas para o item c.



Fonte: FERREIRA (2009, p. 11).

O professor trouxe um tema da realidade dos alunos e apesar da natureza desta tarefa ter sido de cunho crítico e reflexivo, a estrutura fechada dos problemas não possibilitou grandes aberturas para a expressão criativa dos alunos. A tarefa algorítmica permitiu que os alunos validassem seus conhecimentos em potenciação e desenvolvesse o pensamento reflexivo sobre o assunto, porém poucas evidências de criatividade ou fatores que a promoveram foram destacados no relato de experiência.

Finalizamos esta seção com um quadro-síntese das evidências e fatores que promoveram a criatividade (quadro 20).

Quadro 20 – Evidências e fatores do relato 5.4.

Evidências de criatividade na personalidade, no cognitivo e nas atitudes dos alunos:		Fatores que cooperaram para a criatividade dos alunos:	
Da literatura consultada	Novas evidências	Da literatura consultada	Novos fatores
- Capacidade de redefinição - Conhecimento (divisão de decimais)	- Esforço	O professor: - Trouxe tema da realidade dos alunos	

Fonte: dos autores.

5.5 Investigação sobre possibilidades de economizar água no cotidiano de alunos belorizontinos: uma experiência com modelagem matemática

Roque e Campos (2011) relataram o desenvolvimento de uma tarefa de modelagem matemática, aplicada em uma escola³⁷ municipal de Ensino Fundamental em Belo Horizonte-MG. As autoras planejaram a tarefa em conjunto e participaram da aula, atuando de maneira colaborativa.

Os participantes da pesquisa foram duas turmas³⁸ de alunos do 8º ano, em que a primeira autora era regente das turmas³⁹. Os grupos formados se dividiram de 3 a 6 integrantes e ao todo foram sete aulas de sessenta minutos.

O tema trazido foi a economia de água no cotidiano. As tarefas foram desenvolvidas a partir da exploração da conta de água das casas dos alunos, além de indagá-los se o valor a ser pago pela conta era justo.

Inicialmente foi pedido aos alunos que trouxessem uma conta de água para que pudessem trabalhar a partir da mesma. Percebemos o interesse das turmas ao trazerem as contas de água, pela passagem: **“A maioria dos alunos levou a conta para aula”** (ROQUE; CAMPOS, 2011, p. 6).

Após esse pedido, na aula seguinte, a primeira etapa da atividade foi investigar os hábitos do aluno e da família que envolviam o uso de água. **“Esses hábitos se relacionavam, entre outras coisas, o tempo gasto no banho, tempo com a torneira aberta ao escovar os dentes, lavagem de utensílios de cozinha, lavagem de terreiro e de carro”** (ROQUE; CAMPOS, 2011, p. 7).

Os dados referentes a esse questionário foram anotados no quadro e os alunos começaram a notar que alguns pareciam consumir mais água que outros. Como podemos observar no fragmento a seguir, o ambiente é de preocupação com a possível escassez da água: **“à medida que os dados foram sendo tabulados, os comentários começaram a mudar. Pela fala de uma aluna, ficou evidente que eles compreendem haver um consumo excessivo de água por parte deles e de seus familiares. Ela disse para a turma: ‘Desse jeito a água do mundo vai acabar amanhã’”** (ROQUE; CAMPOS, 2011, p. 7). A fala desta aluna denota uma preocupação que pode ser considerada uma evidência de

³⁷ A escola não foi identificada no relato.

³⁸ Não está explicitado, mas a leitura do relato nos induz a pensar que as tarefas foram realizadas em cada turma de 8º ano separadamente.

³⁹ Não está explicitado, mas a leitura do relato nos induz a pensar que a primeira autora era professora regente das turmas de 8º ano, porém, a partir da segunda etapa, outra professora assumiu a regência dessas turmas naquela escola: a segunda autora.

criatividade, pois foi a preocupação que a levou a ter uma sensibilidade para identificar a necessidade, a falha importante para a manifestação do pensamento criativo, como aponta Torrance (1965 apud ALENCAR; FLEITH, 2003), e essa preocupação que pode ter gerado a motivação dos outros alunos também, para continuarem a participar das tarefas (AMABILE, 2012). Porém, não podemos afirmar isso, pois nos faltam dados empíricos para concluir esse pensamento.

Na segunda etapa, houve uma discussão a partir de textos que falavam sobre o problema da falta de água em termos de mundo, Brasil e Belo Horizonte. Na terceira etapa dessa atividade, ocorreu a análise e a interpretação da conta de água. Na quarta etapa foi entregue aos alunos uma folha com recomendações (dicas) para economizar água e foi proposta uma pergunta a eles: **“Seguindo essas dicas, quantos litros de água você pode economizar em um mês e qual seria o valor da economia em sua conta de água?”** (ROQUE; CAMPOS, 2011, p. 10).

Antes de apresentar os resultados para esta pergunta, as autoras comentam que **“O procedimento padrão que todos os grupos seguiram foi fazer o cálculo do consumo em litros, antes de seguir as dicas de economia, e depois segui-las para, então, encontrar a economia em litros. Alguns grupos calcularam a economia considerando mais de uma das dicas, outros se limitaram, por falta de tempo, à economia proporcionada pelo tempo do banho”** (ROQUE; CAMPOS, 2011, p. 10).

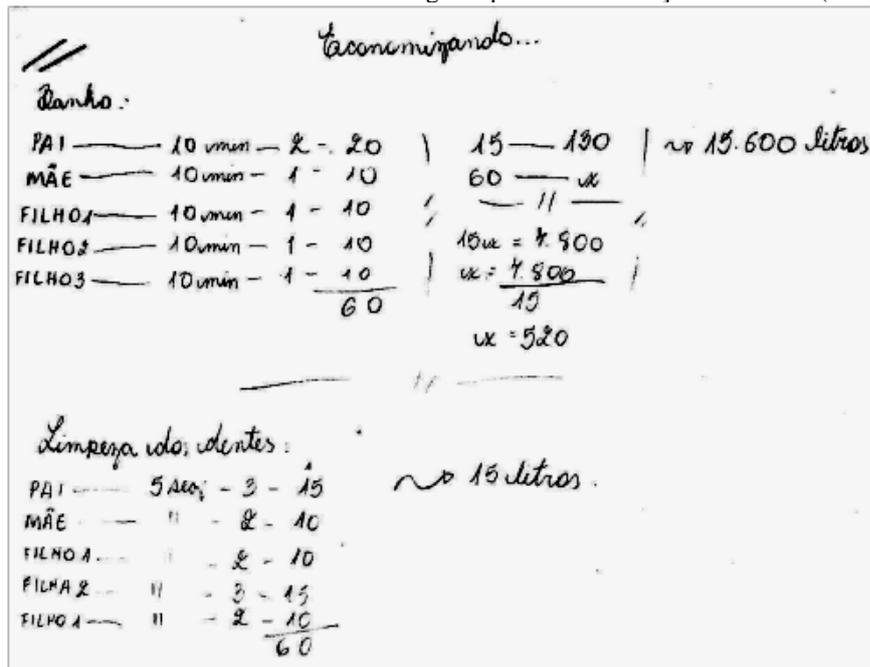
A seguir, nas figuras 14 e 15, apresentamos as soluções dos dois grupos que havia no relato de experiência:

Figura 14 – Consumo mensal de um dos integrantes do grupo 1.



Fonte: ROQUE; CAMPOS (2011, p. 11).

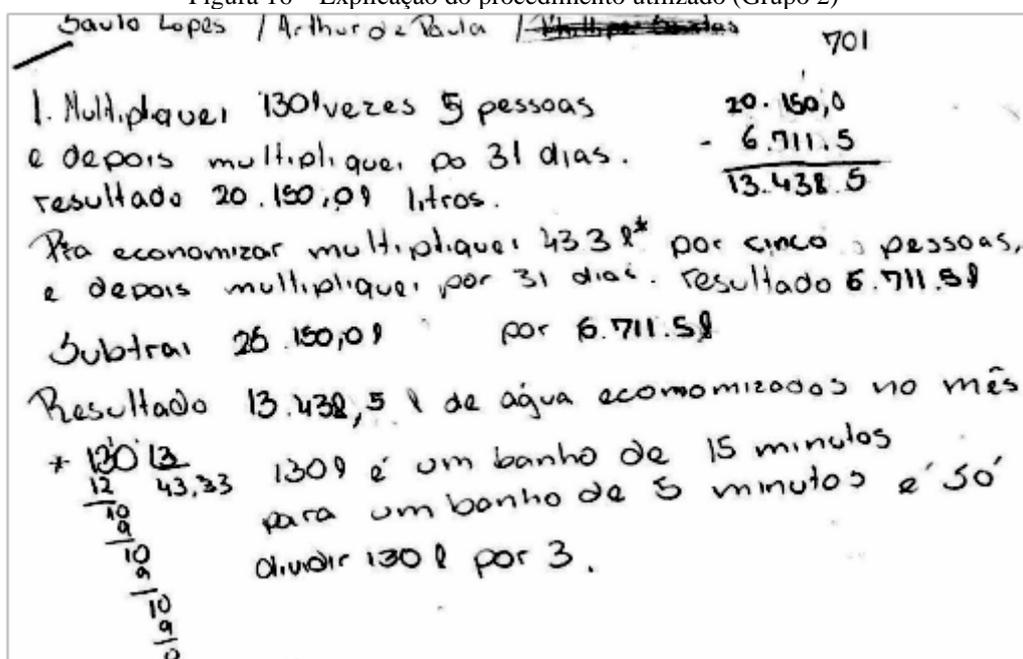
Figura 15 – Possibilidades de economia de água a partir da mudança nos hábitos (Grupo 1).



Fonte: ROQUE; CAMPOS (2011, p. 12).

Pelas figuras 14 e 15 podemos inferir que o grupo demonstrou criatividade usando conhecimentos matemáticos como senso de proporção (regra de três), encontrou um caminho para resolver o problema, além do comprometimento para ir até o fim com a atividade e apresentar um resultado para o problema proposto. Esse grupo apresentou sensibilidade para problemas, pois viu que a economia de água poderia acontecer não só no banho como também ao fazer a limpeza dos dentes, mostrando preocupação com o uso consciente da água, nova evidência que pode ter cooperado para a criatividade.

Figura 16 – Explicação do procedimento utilizado (Grupo 2)



Fonte: ROQUE; CAMPOS (2011).

Analisando o raciocínio do grupo 2 (figura 16), observamos uma maneira diferente de resolver o problema, uma vez que esse grupo apenas considerou a economia de água no banho. Ainda assim, esse grupo mostrou comprometimento em realizar a tarefa, exibindo conhecimento matemático, como senso de proporção, porém não usou o conteúdo de regra de três, e por isso sua capacidade de analisar um problema foi de maneira diferenciada, pois encontrou um método não usual para solucionar o problema.

Na quinta etapa, houve a socialização dos resultados que os grupos obtiveram. Na sexta etapa, os alunos escolheram uma forma de divulgar a importância de se economizar água. **“Algumas sugestões dadas foram: montar uma história em quadrinhos, escrever um texto, fazer um desenho, uma charge, etc. Isso poderia ser feito individualmente ou**

em grupo” (ROQUE; CAMPOS, 2011, p. 14). Não obtemos dados empíricos para identificar a criatividade nesta etapa.

Sobre os fatores influentes na promoção da criatividade, como sempre o tempo é o maior aliado quando se trata de uma tarefa heurística. Podemos, ainda, perceber no decorrer do relato que as professoras promoveram, sobretudo, uma experiência próxima à vida real, em que os alunos trabalharam com as contas de águas, desenvolveram habilidades de crítica construtiva (TORRANCE, 1976), como podemos ver pelos diálogos nos quadros 21 e 22.

Quadro 21 – Diálogo 1 do fim da experiência.

Professora: Faça um relato geral do que você achou da atividade.
Daniel: Foi muito bom, porque isso ajudou bastante. Eu gostei muito da atividade, principalmente pela economia de água que a gente pode fazer e podemos assim economizar para que aquilo que a gente tem de sobra e está desperdiçando outras pessoas tenham, pelo menos, para fazer o básico.

Fonte: ROQUE; CAMPOS (2011)

Quadro 22 – Diálogo 2 do fim da experiência.

Professora: O que vai mudar no seu dia-a-dia a partir dessa atividade?
Rafaela: Muita coisa.
Professora: Já começou a mudar?
Rafaela: Já. Ontem mesmo, eu ficava meia hora no banho, ontem eu fiquei uns 15 minutos, A minha mãe achou legal, sabe. Eu também xinguei [no sentido de reclamar] minha mãe. Eu desliguei a chave só para ela sair do banheiro porque ela demorou demais.

Fonte: ROQUE; CAMPOS (2011)

“A primeira reação dos alunos foi achar que algo estava errado nos procedimentos que eles seguiram. Coube a nós, professoras, interferir no sentido de levá-los a refletir sobre os fatores que poderiam ter gerado essa diferença. Com nossa ajuda, eles conseguiram perceber que na verdade os dados utilizados eram uma aproximação da realidade e que quanto menos precisa fosse essa aproximação maior seria a diferença entre esses valores” (ROQUE; CAMPOS, 2011, p. 13). A partir desse fragmento, concluímos que as professoras ajudaram os alunos a verificar cada ideia sistematicamente, além de envolvê-los na avaliação do próprio trabalho e na aprendizagem através dos próprios erros, fator que Fleith e Alencar (2005) consideraram importante para o desenvolvimento da criatividade.

“Um deles, Daniel, chamou uma de nós e, mostrando no caderno alguns exercícios envolvendo regra de três, perguntou se era para fazer daquele jeito. Interpretamos esse fato como uma busca do aluno por validação por parte das professoras. Respondemos a ele dizendo que nessa atividade eram eles que deveriam escolher os conhecimentos que iriam utilizar, e se ele achasse que regra de três daria

certo, poderia usar” (ROQUE; CAMPOS, 2011, p. 11). Percebemos com esse trecho que mesmo com a ajuda das professoras, elas desenvolveram um ambiente de sensação de liberdade para os alunos arriscarem, explorarem, experimentarem sem medo de críticas ou avaliação, importante para o desenvolvimento da criatividade, como sugere Alencar (1990).

Por fim, como fatores novos que cooperaram para o desenvolvimento da criatividade, observamos que um assunto que traz empatia e preocupação futura, como a economia de água, permitiu um maior engajamento na tarefa que, por sua vez, permitiu que os alunos expressassem ideias de como melhorar a situação proposta, mostrando atos criativos. No quadro 23 apresentamos em síntese as observações desta seção.

Quadro 23 – Evidências e fatores do relato 5.5.

Evidências de criatividade na personalidade, no cognitivo e nas atitudes dos alunos:		Fatores que cooperaram para a criatividade dos alunos:	
Da literatura consultada	Novas evidências	Da literatura consultada	Novos fatores
<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilidade para identificar a necessidade, a falha - Motivação - Conhecimento - Encontrou caminho para resolver o problema - Sensibilidade para problemas - Senso de proporção - Capacidade de analisar um problema de maneira diferenciada - Encontrou método não usual para solucionar o problema 	<ul style="list-style-type: none"> - Preocupação com o futuro - Comprometimento 	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo <p>O professor</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trouxe experiência próxima à da vida real - Ajudou a desenvolver habilidades de crítica construtiva - Envolveu os alunos na avaliação do próprio trabalho e na aprendizagem através dos próprios erros - Proporcionou um ambiente de sensação de liberdade 	<p>O professor</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trouxe um assunto que promove empatia e preocupação futura

Fonte: dos autores.

5.6 Modelagem, criticidade e interdisciplinaridade: o caso do peso das mochilas

Cruz et al. (2013) descrevem uma experiência com modelagem matemática com o tema o peso das mochilas. Sob a perspectiva sóciocrítica da modelagem matemática de Barbosa (2003), a tarefa foi desenvolvida no Centro Educacional Henrique Rocha, no município de Igarapé-Açu (PA), em uma turma de 7º ano do Ensino Fundamental. Nenhum dos autores do relato é professor regente da turma.

A turma foi dividida em grupos de cinco integrantes (cinco grupos com cinco integrantes e um grupo com seis integrantes), e cada um recebeu uma folha com reportagem

trazida pelos autores com o título: Especialista recomenda atenção ao peso da mochila dos alunos. Após a leitura e a compreensão da reportagem, os alunos seriam pesados juntos com as suas mochilas.

Aos grupos foi entregue uma tabela em que completariam com nome, peso corporal e peso das mochilas. A primeira tarefa após completar a tabela foi: sabendo que o peso ideal de sua mochila é de 10% do valor de seu peso corporal, diga qual o limite de peso que você pode carregar em sua mochila. Ao término desta, a segunda tarefa passada foi: verifique na sua tabela o seu peso e o peso de sua mochila e responda, o peso de sua mochila representa quantos por cento de seu peso corporal? As resoluções (figuras 17 a 20) apresentadas são de quatro alunos.

Figura 17 – Resolução das tarefas pelo Aluno A.

$$\begin{array}{l} 3,1 - 100\% = \\ X - 10\% \\ 100x = 31 \cdot 10 \\ 100x = 310 \\ x = \frac{310}{100} \\ \boxed{x = 3,1} \text{ menor} \\ 3,5 \text{ maior} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 3,1 - 100 \\ 3,5 - X \\ 31x = 100 \cdot 3,5 \\ 31x = 350 \\ x = \frac{350}{31} \\ x = 11,29\% \end{array}$$

Fonte: CRUZ et al. (2013, p. 9).

Podemos notar, pela figura 17, que este estudante apresentou senso de proporção na resolução ao usar corretamente a regra de três simples, mostrando conhecimento matemático para resolver o problema, além de usar uma característica do pensamento divergente (TORRANCE, 1974), testando a hipótese de que sua mochila poderia estar mais pesada do que é permitido, e como podemos ver pelo resultado, 11,29% (peso da mochila: 3,5kg) está acima (é maior, como assinala o aluno na resolução) do que o permitido, que é 10% (peso da mochila: 3,1kg).

Figura 18 – Resolução das tarefas pelo Aluno B.

$$\begin{array}{l} p \\ 60 \text{ --- } 100 \\ x \text{ --- } 80 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 500x = 600 \\ x = \frac{600}{500} \\ x = 6 \end{array}$$

Carregar uma mochila
se $x = 6$

$$\begin{array}{l} 60 \text{ --- } 100 \\ 3,5 \text{ --- } x \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 60x = 950 \\ \frac{950}{60} \\ - 80 \\ \hline - 25 \end{array}$$

Fonte: CRUZ et al. (2013, p. 9).

A figura 18 apresenta um raciocínio que não está explicado, mas é possível perceber que este estudante usou senso de proporção (ao usar a regra de três corretamente), mesmo que não tenha finalizado seu pensamento de que a sua mochila é 2,5% de seu peso corporal.

Figura 19 – Resolução das tarefas pelo Aluno C.

$$\begin{array}{l} 46 \text{ --- } 100 \\ x \text{ --- } 10 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 100x = 460 \\ x = \frac{460}{100} = 4,6 > 2 \\ 4,6 \text{ é o que eu quero carregar} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 46 \text{ --- } 100 \\ 2 \text{ --- } x \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \frac{200}{460} \\ 0,6 \\ 46 - 10\% = 460 \\ 2 - 100\% = 200 \\ 2,6 = 6\% \end{array}$$

Então eu dentro do peso estou

Fonte: CRUZ et al. (2013, p. 10).

Na resolução apresentada na figura 19, o estudante se preocupou em escrever os detalhes da resolução mostrando, além disso, senso de proporção, pelo uso da regra de três. Concluiu corretamente e mostrou saber usar símbolos ao escrever que 4,6kg é maior que 2kg (peso de sua mochila), porém ele não soube calcular, pois na figura 19 à direita podemos ver suas tentativas com erros para responder: o peso de sua mochila representa quantos por cento de seu peso corporal?

Figura 20 – Resolução das tarefas pelo Aluno D.

$$\begin{array}{l}
 57 - 100\% \\
 X - 10\% \\
 \\
 100X = 5700 \\
 \\
 X = \frac{5700 \cdot 100}{100} = 5,7 \\
 \\
 57 - 100 \\
 4 - X \\
 \\
 57X = 400 \\
 X = \frac{400 \cdot 57}{360} = 7,02 \\
 \\
 x = 7,02\%
 \end{array}$$

Fonte: CRUZ et al. (2013, p. 10).

Pela resolução deste estudante (figura 20), vemos o conhecimento matemático ao usar de maneira correta a regra de três simples, mostrando senso de proporção, apresentou concentração e persistência, preferindo realizar os cálculos sem a ajuda de uma calculadora.

A terceira e última tarefa foi pedida, porém não há dados empíricos para apontar evidências de criatividade: **“Compare o peso que você carrega em sua mochila com o peso que você deveria carregar e diga quantos por cento você está carregando a mais ou a menos do limite do peso correto”** CRUZ et al. (2013, p. 11).

Para finalizar a tarefa, os autores trazem três perguntas para que os alunos façam uma análise crítica sobre o que foi trabalhado: (1) O peso que você está carregando em sua

mochila é prejudicial a sua saúde? (2) Que medidas podem ser tomadas para evitar o excesso de peso em suas mochilas? (3) O que você pode deixar em casa para diminuir o peso de sua mochila sem prejudicar os seus estudos?

Neste relato não conseguimos mais detalhes da aula para apontar aspectos relativos à criatividade dos alunos, porém decidimos analisá-lo por se constituir uma experiência que abre possibilidades para o desenvolvimento da criatividade. Pelo pouco que observamos da descrição dos autores, podemos apontar que o trabalho com um tema trazido da realidade dos alunos cooperou para a expressão criativa dos alunos identificada nas soluções apresentadas. Sintetizamos as observações realizadas sobre este relato de experiência no quadro 24.

Quadro 24 – Evidências e fatores do relato 5.6.

Evidências de criatividade na personalidade, no cognitivo e nas atitudes dos alunos:		Fatores que cooperaram para a criatividade dos alunos:	
Da literatura consultada	Novas evidências	Da literatura consultada	Novos fatores
<ul style="list-style-type: none"> - Senso de proporção - Conhecimento - Testar hipóteses - Saber usar símbolos - Persistência 	<ul style="list-style-type: none"> - Concentração 	O professor: <ul style="list-style-type: none"> - Trouxe tema relacionado à realidade dos alunos 	

Fonte: dos autores.

No capítulo seguinte, relatamos a experiência da prática em sala de aula com a turma escolhida e iniciaremos as análises sobre a mesma.

6 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DA PRÁTICA DIDÁTICA

Neste capítulo descrevemos a prática, trazendo diálogos e produções escritas dos alunos participantes. Durante a descrição das tarefas, tecemos alguns comentários, analisando os dados coletados.

Na primeira aula, a professora regente da disciplina de ciências anunciou o início da tarefa. Ela me deu a palavra e eu apresentei o tema que seria trabalhado nas três aulas. Para a introdução, passei um vídeo pequeno a fim de que os alunos recordassem o conteúdo a respeito da água e sua importância tanto para o consumo quanto para o meio ambiente. Esse conteúdo foi estudado no trimestre passado.

Após a introdução do vídeo, perguntei aos alunos se haviam tido atenção no vídeo, chamando-os para começarem a participar desse momento inicial. Sem obter resposta, segui conversando sobre o vídeo e sobre o que se lembravam do tema. No quadro 25, apresentamos o primeiro diálogo que tive com os alunos. A partir de perguntas-chave, pude obter a participação dos alunos.

Quadro 25 – Diálogo (parte 1).

<p><i>Olga:</i> Por que a água é importante?</p> <p><i>Aluna N:</i> Porque sem água a gente não consegue viver.</p> <p><i>Olga:</i> Muito bem, alguém mais? Pode falar! Aqui é o momento em que vamos compartilhar todas as ideias.</p> <p><i>Aluno LC:</i> Porque a gente usa a água pra a higiene. Para gente também tomar, porque senão a gente fica desidratado.</p> <p><i>Aluna C:</i> Para construir coisas que a gente usa no dia a dia: óculos, brinco, mesa, comida (referindo-se aos exemplos observados no vídeo).</p> <p><i>Olga:</i> Muito bem! Mais alguém quer contribuir? Pode falar, pode falar, aqui todas as ideias são válidas. Por que é que a água é importante?</p> <p><i>Aluno K:</i> Para sobreviver.</p> <p><i>Olga:</i> Para sobreviver! Que mais? Alguém mais? Então, a gente concorda que a água... (alunos falando, percebo uma aluna pedindo a palavra)</p> <p><i>Aluna E:</i> A água molha as plantas que crescem e ajudam na nossa respiração, no oxigênio.</p> <p><i>Olga:</i> Muito bem! Meninas aí atrás, algum comentário? Não? (observo que um aluno quer a palavra). Quer comentar? Comenta.</p> <p><i>Aluno D:</i> Porque sem a água a maioria das espécies no planeta iria morrer.</p> <p><i>Olga:</i> Ok, muito bem! Então a gente concorda que, a água, ela é muito importante, né? E vocês também viram no vídeo e com certeza vocês também sabem em quais momentos a gente usa a água.</p>

Fonte: da autora.

Em seguida, perguntei aos alunos quais são as ações do dia a dia em que usamos água. Eles respondiam um após o outro: para escovar os dentes, para tomar banho, lavar as mãos, para higiene pessoal, no vaso para dar descarga, para beber, para cozinhar, para tomar café, fazer chá, para lavar louça, lavar roupa, lavar calçada, lavar o carro, para limpar a casa, para

regar as plantas. Tanto neste momento quanto no primeiro diálogo (quadro 18) podemos inferir que, de maneira geral, a turma apresentou fluência de ideias, pois nestes dois momentos de perguntas muitas respostas foram surgindo. Os alunos foram capazes de dizer muitas ideias sobre o porquê da importância da água e sobre os usos dela. Como se tratam de perguntas abertas, as possibilidades de respostas são as mais variadas possíveis, e dessa maneira os alunos externaram essa característica do pensamento divergente de Guilford (1967 apud ALENCAR; FLEITH, 2003), tão importante para a expressão da criatividade.

Acreditamos que estes dois momentos foram importantes para o despertar criativo dos alunos e para o desenvolvimento da sua criatividade, uma vez que minha atitude como professora foi de respeito às ideias dos alunos, além de criar um ambiente de sensação de liberdade para arriscar, expor opiniões sem medo da avaliação ou críticas, como sugere Alencar (1990), encorajando-os a compartilhar suas ideias com a turma (FLEITH; ALENCAR, 2005), principalmente pelos fragmentos do diálogo: **“Aqui é o momento em que vamos compartilhar todas as ideias. Mais alguém quer contribuir? Pode falar, pode falar, aqui todas as ideias são válidas. Por que é que a água é importante?”**.

No quadro 26 a seguir, um aluno explicou a importância de molhar as plantas e a terra. Ele deu essa resposta para a pergunta: “quais são as atividades do dia a dia em que usamos água?”, porém essa resposta, na verdade, responde a primeira pergunta que fiz, sobre o porquê da importância da água. Nesse sentido, não o corriji pela resposta, apenas continuei conversando sobre o processo do ciclo da água que ele apresentou na sua fala.

Quadro 26 – Diálogo (parte 2).

Aluno LC: E também porque quando a água cai no solo, enriquece as plantas e tudo mais, daí quando vem o sol, evapora e a água sobe pra poder criar mais água.
Olga: E qual é o nome disso daí que você acabou de falar?
Aluna C: Evaporação...Ciclo da vida...
Olga: Ciclo...
Vários alunos: Ciclo da água!
Olga: Foi falado ali no vídeo, ciclo da água. Muito bem, muito bem! E vocês conheciam essa expressão “água virtual”?
Alguns alunos: Não...
Outros alunos: Sim...
Olga: O nome “água virtual” vocês já ouviram falar? A professora já chegou a falar?
Turma: Não...
Olga: Enfim, o que é que vocês entenderam sobre água virtual afinal? (alguns alunos balançavam a cabeça como se não tivessem entendido).

Fonte: da autora.

Expliquei para a turma que água virtual é aquela utilizada para produção dos bens e serviços que compramos e alimentos e bebidas que consumimos (segundo o vídeo) e repeti

alguns exemplos que foram apresentados no vídeo, como a carne e o café. Nesse momento um aluno pediu a palavra para dar outro exemplo de água virtual. Sua resposta está reproduzida no quadro 27.

Quadro 27 – Diálogo (parte 3).

Aluno LC: Até o dinheiro precisa de água, porque o dinheiro de papel vem da árvore, a árvore precisa da água.

Olga: Sim, sim, com certeza, muito bem!

Fonte: da autora.

Observamos, neste primeiro momento da aula, o interesse e o entusiasmo da turma em participar da tarefa, características da pessoa criativa, segundo Csikszentmihalyi (2015), além da espontaneidade ao responder as perguntas propostas. Segundo o relato da professora de ciências, as aulas anteriormente ministradas sobre esse assunto não foram direcionadas para valorização do consumo consciente da água. Ainda assim, os alunos exibiram seu conhecimento sobre o conteúdo estudado.

Além disso, vemos os alunos mostrando as características do pensamento divergente de Guilford (1967 apud ALENCAR; FLEITH, 2003), como originalidade. Por exemplo, a Aluna E quando afirmou que um dos motivos para a água ser tão importante era “A água molha as plantas que crescem e ajudam na nossa respiração, no oxigênio”. Podemos inferir inclusive que, pela resposta dessa aluna, ela demonstrou flexibilidade de pensamento, pois enquanto os colegas pensaram na água como uso pessoal, esta aluna demonstrou habilidade para visualizar a importância sob outro foco: a água molha as plantas que, por sua vez, produz o oxigênio para nossa respiração.

Destacamos a flexibilidade e o conhecimento também na resposta do Aluno LC ao responder a segunda questão, quando sua resposta mais se encaixou como resposta à primeira questão: “e também porque quando a água cai no solo, enriquece as plantas e tudo mais, daí quando vem o sol, evapora e a água sobe pra poder criar mais água”. Este aluno apresentou conhecimento sobre um assunto estudado anteriormente, o ciclo da água, o que facilitou dar uma resposta apropriada à pergunta. Esse aluno apresentou, ainda, uma resposta original quando falamos sobre água virtual: “Até o dinheiro precisa de água, porque o dinheiro de papel vem da árvore, a árvore precisa da água”.

Seguindo com a aula, distribuí para os alunos uma folha com três questões:

- Para você, o que é desperdiçar água?
- Você já viu alguém desperdiçando água? De que maneira?

- O que é usar a água racionalmente? Dê, pelo menos, 2 exemplos para responder essa pergunta.

Após entregar as folhas, solicitei aos alunos que pensassem antes de responder a primeira pergunta. Sugeri, se fosse difícil responder “o que é desperdiçar água?”, que respondessem com um exemplo: “desperdiçamos água fazendo isto”. Ainda ressalttei que não tivessem medo ao responder bem ou mal a questão, apenas pedi que não copiasse a resposta do colega ao lado, pois era importante verificar o que entenderam sobre o assunto.

Podemos ver nas figuras de 21 a 26 as respostas dos seis participantes da pesquisa referente à questão “para você, o que é desperdiçar água?”.

Figura 21 – Resposta da questão 1 do Aluno G.⁴⁰

gastar água sem motivo. Demorar no Banho

Fonte: da autora.

Figura 22 – Resposta da questão 1 da Aluna E.⁴¹

jogar a água fora em vez de reutilizá-la, usar mais água do que devia e jogar lixo em lagos, riachos, mares, que animais podem comer por engano.

Fonte: da autora.

Figura 23 – Resposta da questão 1 da Aluna M.⁴²

usar muita água.

Fonte: da autora.

Figura 24 – Resposta da questão 1 do Aluno L.⁴³

é gastar água que não é necessária ou usar demais.

Fonte: da autora.

Figura 25 – Resposta da questão 1 do Aluno D.⁴⁴

Jogar lixo nos rios

Fonte: da autora.

⁴⁰ “Gastar água sem motivo. Demorar no banho”.

⁴¹ “Jogar a água fora em vez de reutilizá-la, usar mais água do que deveria e jogar lixos em lagos, riachos, mares, que animais podem comer por engano”.

⁴² “Usar muita água”.

⁴³ “É gastar água que não é necessária ou usar demais”.

⁴⁴ “Jogar lixo nos rios”.

Figura 26 – Resposta da questão 1 do Aluno LC.⁴⁵

eu acho que é desperdiçar e não cuidar da nossa água porque se não cuidar a água vai acabar e a gente não vai beber

Fonte: da autora.

Consideramos aqui duas respostas advindas do pensamento criativo. Ambas possuem originalidade e flexibilidade, pois estão fora do comum de uma resposta quando se pergunta “o que é desperdiçar?”. A Aluna E respondeu que desperdiçar água é jogar lixo em lagos, riachos, mares. Apesar das respostas semelhantes, o Aluno D, que não estava perto da Aluna E, respondeu que desperdiçar é jogar lixo nos rios. Ambos apresentam uma preocupação por trás do ato de jogar lixo nos rios: a de poluir a água. Por isso, podemos inferir que os alunos demonstraram sensibilidade para problemas, apesar de não estarem resolvendo nenhum problema neste momento.

Respondida a primeira questão, fomos para a segunda: “Você já viu alguém desperdiçando água? De que maneira?”. Pedi aos alunos que respondessem à pergunta levando-os a pensar em alguma situação, por exemplo, em que eles passavam pela rua e viam alguém fazendo uso incorreto da água, ou até em casa e, ainda, acrescentei que “esse alguém” poderia ser eles mesmos. Nesse momento, um aluno comentou que nunca viu ninguém desperdiçando água e pedi que ele escrevesse mesmo assim sua resposta. Podemos ver as respostas dos seis participantes para a segunda questão nas figuras de 27 a 32. Sobre estas respostas não observamos aspectos relativos à criatividade, mas podemos inferir que os alunos têm feito uma reflexão crítica sobre o tema, e que isso é um fato positivo acerca da aprendizagem dos alunos.

Figura 27 – Resposta da questão 2 do Aluno G.⁴⁶

nunca vi

Fonte: da autora.

Figura 28 – Resposta da questão 2 da Aluna E.⁴⁷

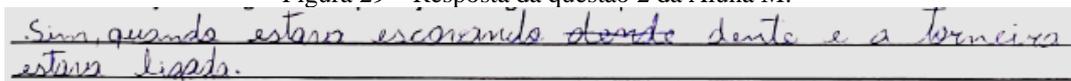
já. Uma pessoa jogando água que usou para lavar a roupa fora, em vez de utilizá-la novamente para fazer outra e usar muita água para lavar o carro, direto na mangueira em vez de usar um balde

Fonte: da autora.

⁴⁵ “Eu acho que desperdiçar é não cuidar da nossa água porque se não cuidar a água vai acabar e a gente não vai mais beber”.

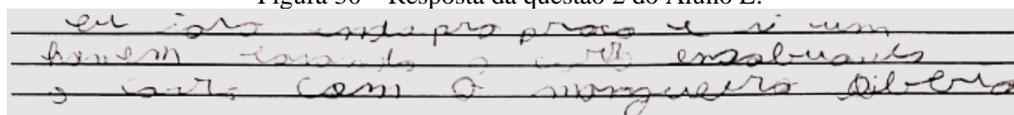
⁴⁶ “Nunca vi”.

⁴⁷ “Já. Uma pessoa jogando água que usou para lavar a roupa fora, em vez de utilizá-la novamente para fazer outra e usar muita água para lavar o carro direto da mangueira em vez de usar um balde”.

Figura 29 – Resposta da questão 2 da Aluna M.⁴⁸


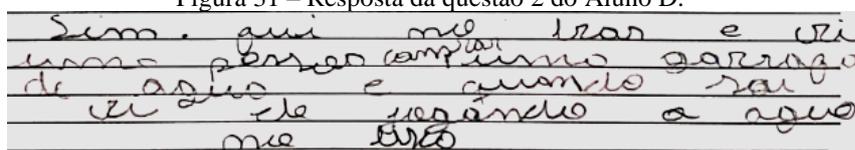
Sim, quando estava escovando dente e a torneira estava ligada.

Fonte: da autora.

Figura 30 – Resposta da questão 2 do Aluno L.⁴⁹


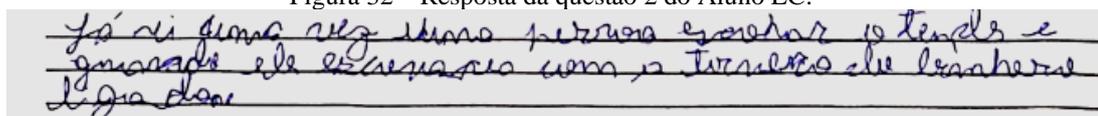
eu indo para praça e vi um homem lavando o carro ensaboando e com a mangueira aberta e saiu com a mangueira aberta

Fonte: da autora.

Figura 31 – Resposta da questão 2 do Aluno D.⁵⁰


Sim, aqui no bar e vi uma pessoa comprar uma garrafa de água e quando saiu ele jogando a água no lixo

Fonte: da autora.

Figura 32 – Resposta da questão 2 do Aluno LC.⁵¹


Já vi uma vez uma pessoa escovar os dentes e enquanto ele escovava com a torneira do banheiro ligada

Fonte: da autora.

Enfim, pedi aos alunos que respondessem à terceira questão “O que é usar a água racionalmente? Dê, pelo menos, 2 exemplos para responder essa pergunta”. Lembrei a eles que, no vídeo, o narrador falou sobre racionar água, e imaginando que eles saberiam o que significava essa palavra, perguntei-lhes se eles entenderam o que pedia essa pergunta. Eu esperava por um “sim” ou um “não”, mas alguns alunos queriam falar a resposta para a questão em voz alta. Eu pedi a eles que escrevesse a resposta na folha, pois não queria que os colegas copiassem, e disse que a ideia era que cada um deles pudesse dizer o que eles entendem por “usar a água racionalmente”. Sugeri, finalmente, que se não soubessem responder à questão, eles poderiam colocar exemplos do tipo “usamos a água racionalmente quando fazemos isto”.

Notei a dificuldade de uma aluna, fui até sua mesa para ajudá-la, pois ela parecia não entender a palavra “racionalmente”. Comentei que era o mesmo que “com consciência, com cuidado” e logo ela concluiu “é o contrário de desperdiçar” (Aluna M) e deixei que ela

⁴⁸ “Sim, quando estava escovando dente e a torneira estava ligada”.

⁴⁹ “Eu estava indo para a praça e vi um homem lavando o carro, ensaboando o carro com a mangueira aberta”.

⁵⁰ “Sim. Fui ao bar e vi uma pessoa comprar uma garrafa de água e quando saiu, o vi jogando a água no lixo”.

⁵¹ “Já vi uma vez uma pessoa escovar os dentes e enquanto ele escovava com a torneira do banheiro ligada”.

completasse a questão com sua resposta. Finalizando esta parte da aula, uma aluna me pede para ver se a resposta dela estava correta. Expliquei a ela que nesse momento não era preciso dizer se estava certo ou não, bastava completar a questão com o que ela entendia, baseando-se no seu aprendizado sobre o tema.

Ao terminarem de responder as perguntas, pedi que compartilhassem suas respostas. No quadro 28 podemos observar os alunos comentando suas respostas sobre a primeira pergunta “Para você, o que é desperdiçar água?”, em seguida para a pergunta “Você já viu alguém desperdiçando água? De que maneira?” e, por fim, apresentam suas respostas para “O que é usar a água racionalmente? Dê, pelo menos, 2 exemplos para responder essa pergunta”.

Quadro 28 – Diálogo (parte 4).

Aluna N: Demorar no banho, escovar os dentes com a torneira aberta.
Aluna C: encher piscina também.
Aluno K: Eu botei jogar lixo nos rios, porque daí desperdiça a água dos rios. Porque a maioria das pessoas joga lixo nos rios e daí não vai dar pra tomar porque ela vai estar poluída.
Olga: É uma resposta boa, ok. Quem responde mais?
Aluna E: Quando a pessoa lava a roupa, em vez de pegar a água e usar para alguma coisa, ela joga a água fora.
Olga: Você viu alguém desperdiçar água ou até você já desperdiçou água?
Aluno N: lavando a calçada.
Olga: Mas lavar a calçada tem o problema?
Aluna C: Se deixar a torneira aberta...
Olga: Se deixar a torneira aberta é o problema, né? O que mais?
Aluno D: Eu já vi o cara ir ao bar comprando uma garrafa de água, aí quando ele saiu do bar ele jogou a garrafa fora. Eu perguntei pra ele, ele disse que era pra pegar o troco.
Olga: Vê se pode!? Enfim, alguém mais, quem de vocês já viu alguém desperdiçando água, o que estava fazendo?
Aluna C: Tomando banho de mangueira.
Olga: Tomando banho de mangueira também é um jeito de desperdiçar água né?
Aluna N: Quem demora mais de meia hora no banho.
Olga: Só comentando a resposta três, o que é usar a água racionalmente?
Alunos falando um seguido do outro: usar pouquinho, economizar, usar com moderação, quando for se ensaboar desligar o chuveiro.

Fonte: da autora.

Nas figuras de 33 a 38, podemos ver as respostas da terceira questão “O que é usar a água racionalmente? Dê, pelo menos, 2 exemplos para responder essa pergunta” dos seis alunos participantes. Sobre estas respostas, não observamos indícios de criatividade, talvez porque os alunos se apoiaram em exemplos comuns do dia a dia e estes são, normalmente, os mesmos nas residências, como fechar a torneira para escovar os dentes ou ensaboar as mãos, ou não demorar no banho. Por esse motivo, não apontamos aspectos criativos nestas respostas.

Figura 33 – Resposta da questão 3 do Aluno G.⁵²

É uma pouca água. Escovando com a torneira fechada.

Fonte: da autora.

Figura 34 – Resposta da questão 3 da Aluna E.⁵³

Usar a água racionalmente é pensar antes de usá-la. Você pode usar a água para uma coisa boa que pode te ajudar e economizar mais, manear nos gastos, como passar apenas 5 minutos no banho e escovar (os dentes) com a torneira fechada.

Fonte: da autora.

Figura 35 – Resposta da questão 3 da Aluna M.⁵⁴

pensar antes de usar. Quando escovar os dentes fechar a torneira.

Fonte: da autora.

Figura 36 – Resposta da questão 3 do Aluno L.⁵⁵

não deixar correndo a água da pia enquanto ensaboa, e não deixar a torneira aberta quando estiver escovando os dentes.

Fonte: da autora.

Figura 37 – Resposta da questão 3 do Aluno D.⁵⁶

tipo um cara pegar um copo de água cheio e tomar um gole e jogar o resto fora.
quando acordar jogar água na cara para acordar.
Dar uma acordado

Fonte: da autora.

Figura 38 – Resposta da questão 3 do Aluno LC.⁵⁷

não desperdiçar quando vai escovar os dentes, desligar a torneira e não ficar muito tempo no banho.

Fonte: da autora.

⁵² “É usar pouca água. Escovando (os dentes) com a torneira fechada”.

⁵³ “Usar água racionalmente é pensar antes de usá-la. Você pode usar a água para uma coisa boa que pode te ajudar e economizar mais, manear nos gastos, como passar apenas 5 minutos no banho e escovar (os dentes) com a torneira fechada”.

⁵⁴ “Pensar antes de usar. Quando escovar os dentes fechar a torneira”.

⁵⁵ “Não deixar correndo a água da pia enquanto ensaboa (as mãos) e não deixar a torneira aberta quando estiver escovando os dentes”.

⁵⁶ “Tipo um cara pegar um copo de água cheio, tomar um gole e jogar o resto fora. Quando acordar jogar uma água na cara para acordar”.

⁵⁷ “Não desperdiçar quando vai escovar os dentes, desligue a torneira e não ficar muito tempo no banho”.

Passamos para o último momento da aula com a entrega do questionário⁵⁸ sobre o consumo de água em casa. Junto a este questionário, entreguei a folha de tarefa para casa. Esse questionário possuía perguntas que ajudaram os alunos na tarefa de casa. Trata-se de um levantamento dos comportamentos caseiros que envolvem o uso de água. Conforme eu ia lendo as perguntas do questionário os alunos iam respondendo, e como eram questões de múltipla escolha, essa última tarefa em sala foi rápida.

Respondido o questionário, expliquei aos alunos o dever de casa que deveria ser entregue na aula seguinte. Expliquei que eles deveriam anotar todas as ações que envolvem água, observadas em um dia inteiro e atentar para o que as pessoas na casa fazem ao utilizar água e por quanto tempo o fizeram. Os alunos poderiam usar um instrumento de medição de tempo (relógio, cronômetro) ou, até mesmo, usar a intuição e aproximar os valores. Destaquei que há várias formas de fazer essa tarefa: observar alguém lavando a louça com um cronômetro enquanto a torneira fica ligada, ou mesmo perguntar quanto tempo acha que a torneira ficou aberta ou demorou no banho ou, ainda, quantas vezes usaram a descarga cada pessoa naquele dia, etc. Dessa forma, finalizei a aula agradecendo a participação da turma.

Nesse primeiro encontro, não usamos dados matemáticos para observar indícios de criatividade em matemática. Porém, de forma indutiva, os alunos usaram a noção de quantidade de água utilizada em uma tarefa para responder as perguntas, e desenvolveram um pensamento crítico e reflexivo acerca do tema. Portanto, a criatividade em matemática não foi ressaltada, mas o potencial criativo dos alunos foi desperto por meio da tarefa aberta (AMABILE, 2018), da atmosfera criativa que foi desenvolvida na aula que se deu a partir da espontaneidade, iniciativa e senso de humor que as professoras permitiram na sala (ALENCAR, 1990). Finalmente acreditamos que essa primeira aula foi importante para dar fomento à personalidade criativa dos alunos.

Na segunda aula (com 2 períodos seguidos) pedi aos alunos a tarefa de casa, mas alguns deles não a haviam trazido. Então eles precisaram preencher a folha com informações, como era pedido na tarefa. Dos seis participantes desta pesquisa, dois não haviam trazido de casa a tarefa feita. Como eles não demoraram muito a preencher, pude seguir com o andamento da aula entregando outra folha com a tabela de informações sobre o consumo médio de água por ação e, também, o problema para eles resolverem, baseando-se nas

⁵⁸ Este questionário e as demais tarefas estão nos anexos.

anotações que fizeram em casa. Observamos o comprometimento dos quatro alunos ao trazer a tarefa concluída.

Antes de pedir aos alunos que resolvessem o problema (calcular quantos litros de água, em média, eles e a família consomem), teci alguns comentários sobre o quadro de consumo médio de água (ver quadro 29). Levei-os a imaginar o que acontece quando alguém usa o sanitário dando descarga três vezes em um dia, quantos litros de água seriam consumidos. Prontamente responderam 30 litros, pois eles tinham em mãos a informação que, para cada descarga, 10 litros de água eram consumidos (em média). Dei outros dois exemplos e percebi que os alunos entenderam que se tratava de um simples cálculo com as operações matemáticas: ora envolvia multiplicação, ora envolvia adição ou ainda divisão de números inteiros. Dei tempo para que fizessem essa tarefa com calma e atenção. Enquanto isso, eu e a professora regente passávamos pelas mesas ajudando os alunos a entenderem suas próprias anotações para poderem resolver o problema com êxito. Também ajudamos alguns alunos a se lembrarem de como usar as operações básicas, pois demonstraram dificuldades nesse momento.

Quadro 29 – Informações sobre o consumo médio de água por atividade.

Cerca de 110 litros/dia é a quantidade de água suficiente para atender as necessidades básicas de uma pessoa, segundo a ONU (Organização das Nações Unidas)	
Atividade	Quantidade em litros
1 descarga	10 litros
1 minuto de chuveiro aberto	15 litros
Lavar as mãos: 6 segundos de torneira aberta	1 litro
1 minuto de torneira aberta	12 litros
1 lavagem na máquina de lavar roupas ou no tanque	150 litros
Lavar o carro com mangueira	100 litros
Os valores utilizados para o cálculo são apenas uma referência. O consumo pode variar de acordo com a pressão da água e o tipo de abertura da torneira ou do equipamento.	

Fonte: da autora.

A seguir, podemos ver nas figuras de 39 a 50 o raciocínio e as soluções de cada um dos seis participantes, e aproveitamos para fazer alguns comentários pertinentes a suas produções.

As figuras 39 e 40 referem-se ao trabalho do Aluno G. Esse aluno foi um dos que não trouxe a tarefa de casa pronta e precisou realizá-la em sala. Não sabemos se ele fez as observações que pedíamos na tarefa ou se a completou de maneira aleatória. De igual forma, analisamos os aspectos relativos à criatividade no seu trabalho.

Figura 39 – Tarefa de casa do Aluno G.

PARA CASA

Anote **todas** as atividades em que you e sua família usam água e quantas vezes repetem aquela atividade EM UM DIA.

Exemplo: banho = 1x ao dia por 10 min.; usar o vaso sanitário = 6x ao dia.

Quem faz?	O que faz, quantas vezes e por quanto tempo?
Mãe	banho 1x ao dia por 20 min
Pai	banho 1x ao dia por 15 min
Mãe	banho 1x ao dia por 30 min
EU banho	banho 1x ao dia por 15 min
EU	ESCOVA 3x ao dia por 2 min
Mãe	ESCOVA 3x ao dia por 2 min
Pai	ESCOVA 3x ao dia por 2 min
Mãe	ESCOVA 3x ao dia por 2 min

Quem faz?	O que faz, quantas vezes e por quanto tempo?
Mãe	descarga 2x
Pai	descarga 2x
Mãe	descarga 2x
EU d	descarga 2x

Fonte: da autora.

Figura 40 – Resolução do problema pelo Aluno G.

Quantos litros de água, em média, você e sua família consomem por dia?

descarga: 80 litros

$$\begin{array}{r} 10 \\ \times 8 \\ \hline 80 \end{array}$$

banho:

$$\begin{array}{r} 20 \quad 4 \\ 15 \quad 80 \\ + 30 \\ \hline 15 \quad \times 15 \\ 80 \quad 00 \\ \hline 1200 \end{array}$$

torneira: 12 EU

$$\begin{array}{r} 12 \\ \times 3 \\ \hline 36 \end{array}$$

36 litros

$$\begin{array}{r} 1200 \\ + 80 \\ \hline 1280 \\ + 36 \\ \hline 1316 \end{array}$$

Fonte: da autora.

Apesar de o Aluno G ter cometido um erro ao calcular quantos litros consumiu com a torneira aberta (ao escovar os dentes), ele apresentou conhecimento matemático, encontrando um caminho para resolver o problema. Eu nem precisei ajudá-lo com seus cálculos, pois ele demonstrava saber o que fazia afirmando que bastava somar os minutos e multiplicar pela quantidade de água consumida em litros dada na tabela (quadro 29). Por fim, somou a quantidade de água consumida em cada ação chegando à solução final do problema. Ao final

da aula, após conhecer o consumo de água recomendado pela ONU, este aluno fez um comentário: “só o meu irmão gasta mais do que 110 litros!”, expondo sua crítica em relação ao tema abordado.

As figuras 41 e 42 referem-se ao trabalho desenvolvido pela Aluna E. Essa aluna apresentou, no desenvolvimento desta parte do trabalho, independência de pensamento e ação, uma vez que ela não precisou de ajuda para realizar os cálculos. Apresentou habilidades em matemática, encontrando um caminho para resolver o problema proposto. Ela apresentou-se detalhista, por descrever todas as ações que sua família realizou envolvendo água, além de especificar o tempo e a frequência com que realizaram as ações, inclusive dar banho no animal de estimação e limpar a gaiola de outros animais domésticos. Ser detalhista pode ser um novo traço da personalidade criativa e que pode cooperar para a criatividade.

Figura 41 – Tarefa de casa da Aluna E.

PARA CASA

Anote todas as atividades em que você e sua família usam água e quantas vezes repetem aquela atividade EM UM DIA.

Exemplo: banho = 1x ao dia por 10 min.; usar o vaso sanitário = 6x ao dia.

Quem faz?	O que faz, quantas vezes e por quanto tempo?
mãe	lavar o louço 2x no dia 20 minutos
eu	tomar banho 1x ao dia 10 minutos
eu	escovar os dentes 1 minuto 3x ao dia ou mais
mãe	tomar banho 1x no dia 5 minutos
irmão	tomar banho 1x no dia 30 minutos
pai	tomar banho 1x no dia 6 minutos
eu	lavar louço os vezes 20 minutos

Quem faz?	O que faz, quantas vezes e por quanto tempo?
mãe e eu	dar banho ao cachorro 20 minutos ou mais 1x no dia
mãe	limpar o chão 1x no dia 30 minutos
eu e mãe	limpar a gaiola dos animais de 1x a 2x no dia 20 minutos ou mais
pai	usar o vaso sanitário 2x no dia
eu	usar o vaso sanitário 2x no dia
irmão	usar o vaso sanitário 1x no dia
mãe	usar o vaso sanitário 3x no dia

Fonte: da autora.

Figura 42 – Resolução do problema pela Aluna E.

Quantos litros de água, em média, você e sua família consomem por dia?

30 litros =	escovar os dentes 30 minutos	675 litros =	Banho = 9 Tempo = 45 minutos
480 litros =	lavar o rosto = 2x 40 minutos	360 litros =	lavar o chão = 1 Tempo = 30 minutos
		4.000 litros =	limpar o chão = 2x Tempo = 40 minutos
		80 litros =	vaso sanitário = 8x

1 725 + 480 ----- 1.205	725 + 480 ----- 1.205	725 + 480 ----- 1.205
+ 5.205 360 ----- 5.565	+ 1.205 4.000 ----- 5.205	

No total eu e a minha família gastamos 5,565 litros de água



Fonte: da autora.

As figuras 43 e 44 referem-se ao trabalho da Aluna M. Essa aluna não trouxe o trabalho de casa e por isso ela precisou realizar a tarefa em sala com as informações que conseguia se lembrar. Ela teve dificuldades em usar os dados da tabela ao fazer os cálculos para resolver o problema proposto. Apesar disso, destacamos sua perseverança por finalizar a tarefa solicitada.

Figura 47 – Tarefa de casa do Aluno D.

PARA CASA

Anote todas as atividades em que você e sua família usam água e quantas vezes repetem aquela atividade EM UM DIA.

Exemplo: banho = 1x ao dia por 10 min.; usar o vaso sanitário = 6x ao dia.

Quem faz?	O que faz, quantas vezes e por quanto tempo?
EU	LAVAR a LOUÇA x3 ao DIA 5 MIN
mãe	passar a roupa x2 ao DIA 5 MIN
mãe	Fazer compras x3 ao DIA 10 MIN
todos DA CASA	tomar banho x2 ao dia 7 MIN
todos DA CASA	escovar os dentes x8 ao dia 4 MIN
todos DA CASA	usar o vaso sanitário x10 ao DIA 4 MIN
mãe	Lavar a roupa x2 ao dia 10 MIN
mãe e pai	Lavar a roupa x2 ao dia 20 MIN
EU	regregar as plantas x2 ao dia 7 MIN
mãe e pai	Limpar a casa x2 ao dia 6 MIN
EU	fazer gelo 1x ao dia 3 MIN
EU	limpar as patas do meu Dog 1x ao dia 4 MIN
Pai	Limpar a calçada x2 ao dia 10 MIN
TODOS DA CASA	TOMAR AGUA x10 ao dia 3 MIN

Fonte: da autora.

Figura 48 – Resolução do problema pelo Aluno D.

Quantos litros de água, em média, você e sua família consomem por dia?

LOUÇA 8 MIN
12
x 3
36 Litros

usar o vaso sanitário
4 MIN
10
x 4
40 Litros

VALOR TOTAL
117,25

Limpagem
10 Litros

Lavar a roupa
100
x 10
1000
11x
310 Litros

Banho 7 MIN
3
15
x 2
105 Litros

tomar agua
30 MIN
180
x 30
5400
- 12
5388
x 3
16164 Litros

escovar os dentes
4 MIN
12
x 4
48 Litros

Fonte: da autora.

Observamos, pelas figuras 49 e 50, que o Aluno LC demonstrou comprometimento ao cumprir a tarefa de casa, apresentou-se detalhista, especificando todas as ações que envolveram água (na tarefa de casa) e apresentou persistência ao realizar o trabalho proposto até o fim.

Figura 49 – Tarefa de casa do Aluno LC.

PARA CASA

Anote **todas** as atividades em que **você e sua família** usam água e **quantas** vezes repetem aquela atividade EM UM DIA.

Exemplo: banho = 1x ao dia por 10 min.; usar o vaso sanitário = 6x ao dia.

Quem faz?	O que faz, quantas vezes e por quanto tempo?
[Redacted]	1x lavar a louça 20 minutos
[Redacted]	3x lavar a roupa 30 minutos
[Redacted]	1x banho 20 minutos
[Redacted]	3x tomar banho 25 minutos
[Redacted]	3x escovar os dentes 10 minutos
[Redacted]	2x ir ao banheiro 15 minutos
[Redacted]	3x fazer comida 15 minutos
[Redacted]	3x tomar água 2 minutos
[Redacted]	2x tomar banho 30 minutos
[Redacted]	3x tomar água 2 minutos
[Redacted]	2x tomar banho 12 minutos
[Redacted]	2x tomar banho 15 minutos
[Redacted]	2x ir ao banheiro 17 minutos
[Redacted]	1x lavar a louça 20 minutos
[Redacted]	3x escovar os dentes 15 minutos
[Redacted]	5x lavar roupa 30 minutos
[Redacted]	3x tomar água 2 minutos
[Redacted]	10x fazer comida 20 minutos

Fonte: da autora.

Figura 50 – Resolução do problema pelo Aluno LC.

Quantos litros de água, em média, você e sua família consomem por dia?

lavar o cabelo

$$\begin{array}{r} 3 \times 150 \\ + 150 \\ \hline 150 \\ \hline 450 \end{array}$$

1 minuto a tomar banho

$$\begin{array}{r} 2 \times 12 \\ + 12 \\ \hline 24 \end{array}$$

tomar banho

$$\begin{array}{r} 3 \times 15 \\ + 15 \\ \hline 15 \\ \hline 45 \end{array}$$

tomar água

lavar as mãos:

$$3 \times 1 = 3 \checkmark$$

lavar o rosto

$$1 \times 100 = 100 \checkmark$$

descontar

$$2 \times 10 = 20$$

eu e meus familiares consumimos 692 litros

$$\begin{array}{r} 450 \\ + 20 \\ + 15 \\ + 100 \\ + 24 \\ \hline 692 \end{array}$$

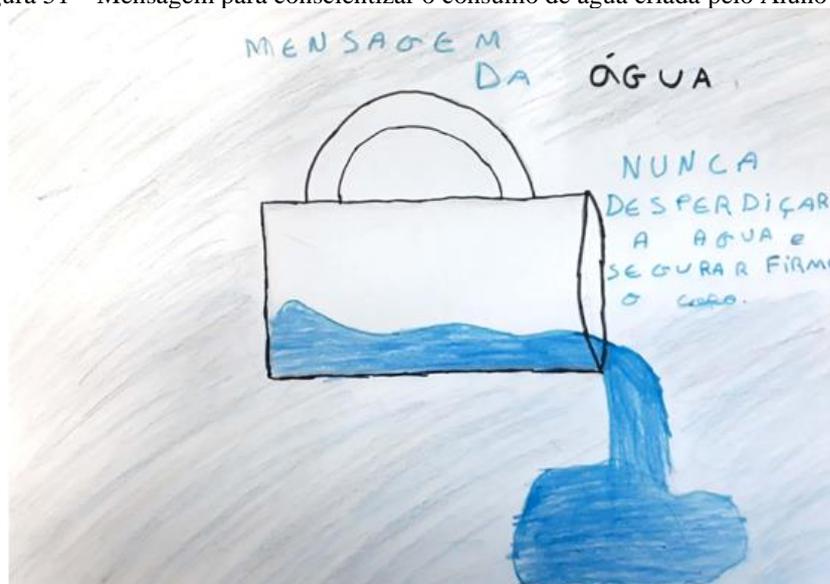
Fonte: da autora.

Depois que todos os alunos haviam respondido à questão “Quantos litros de água, em média, você e a família consomem por dia?”, pedi a eles que comparassem o resultado dessa questão com o valor que a Organização das Nações Unidas (ONU) recomenda para as necessidades básicas (110 litros/dia por pessoa). Convidei um aluno para usar seu resultado como exemplo para expor para a turma. Ele me disse que sua família e ele havia consumido mais ou menos 600 litros de água e que sua família tem quatro integrantes. Outro aluno prontamente respondeu que cada um consumiu 150 litros, e a turma concordou que isso já passava do recomendado pela ONU.

Aproveitei este exemplo para ressaltar que, comumente, gastamos mais água na estação do verão. Foi então que propus a última tarefa, perguntando aos alunos que recado eles poderiam dar às pessoas sobre a economia de água. Então pedi a eles que fizessem uma mensagem, na forma que eles quisessem: um cartaz, um poema, uma música, um desenho ou um vídeo, além de colocar alguma informação de quanto de água gastamos em uma determinada ação (qualquer informação da tabela de consumo de água por atividade já bastava). As produções dos seis alunos, podemos observar nas figuras de 51 a 57.

Pelas figuras 51 e 52, podemos notar que ambos os alunos apresentaram o mesmo desenho, pois ambos estavam sentados próximos. Quando me aproximei para perguntar sobre a mensagem de cada um, o Aluno D foi o que fez primeiro o desenho do copo de água, e ele disse que se refere à preocupação com o desperdício de água quando alguém bebe um pouco e desperdiça o restante. O aluno G, que começou a fazer o mesmo desenho depois que o Aluno D já havia desenhado, disse que o chuveiro representa um copo de água, e por isso a mensagem de “1 minuto de chuveiro ligado gasta 15 litros de água”. Com seu desenho, o Aluno D apresentou sua crítica e sua preocupação com a falta de água futura, dirigindo sua mensagem àqueles que costumam cometer esse ato de encher o copo de água, beber um pouco e jogar o restante fora. Há preocupação também na mensagem do aluno G, que chamou atenção para o desperdício de água durante o banho. A preocupação pode ser uma nova característica de pessoas que buscam soluções criativas, por esse motivo acreditamos que ela pode ter cooperado para a criatividade desses alunos.

Figura 51 – Mensagem para conscientizar o consumo de água criada pelo Aluno D.⁵⁹



Fonte: da autora.

⁵⁹ “Mensagem da água: Nunca desperdiçar água e segurar firme o copo”.

Figura 52 – Mensagem para conscientizar o consumo de água criada pelo Aluno G.⁶⁰



Fonte: da autora.

Na figura 53, observamos na produção da aluna espontaneidade ao criar uma história em quadrinho⁶¹ (algo que não foi mencionado como sugestão para esta tarefa), expressando sua personalidade, usando a habilidade que desenvolveu com treino, mas também notamos um talento para o desenho no estilo Mangá, um hobbie que essa aluna deve alimentar. Consideramos sua produção original, pois comparada aos outros (julgamento do produto) ela seguiu sua intuição e decidiu fazer algo diferente dos demais, apresentando um trabalho autêntico e reflexivo.

⁶⁰ “1 minuto de chuveiro gasta 15 litros de água”.

⁶¹ Frases que aparecem nesta história em quadrinhos: “Algumas dicas para você economizar água: Você pode utilizar baldes e a água da chuva para lavar seu carro; pode usar novamente a água que você usou para lavar outra coisa, como a calçada; sabia que 1 minuto de torneira aberta gasta já 12 litros? Então desligue e ligue novamente quando precisar. Preserve nosso lar. Use a água com cuidado, sem ela não há vida no nosso planeta”.

Figura 53 – Mensagem para conscientizar o consumo de água criada pela Aluna E.



Fonte: da autora.

Na figura 54, podemos ver a mensagem que a Aluna M trouxe no seu trabalho. Apesar de escrever uma mensagem importante, não conseguimos observar indícios de criatividade em seu trabalho baseando-nos nos quadros-síntese que construímos. Além disso, o julgamento do produto aqui se faz presente em comparação com os trabalhos de seus colegas, pois não apresentou tantos detalhes quanto os outros e, por isso, julgamos este o menos criativo de todos.

Figura 54 – Mensagem para conscientizar o consumo de água criada pela Aluna M.

VO CÊ SABIA QUE
 1 DESCARGA GASTA 10
 LITROS DE ÁGUA.
 POR ISSO ECONOMIZE
 ÁGUA.

Fonte: da autora.

Na figura 55 podemos ver o trabalho do Aluno L que demonstrou espontaneidade, característica importante para a manifestação da criatividade, segundo Mackinnon (1965, 1967, 1975 apud ALENCAR; FLEITH, 2003). Em seu desenho⁶² trouxe uma situação em que alguém desperdiça água, como uma história de apenas um quadro.

Figura 55 – Mensagem para conscientizar o consumo de água criada pelo Aluno L.

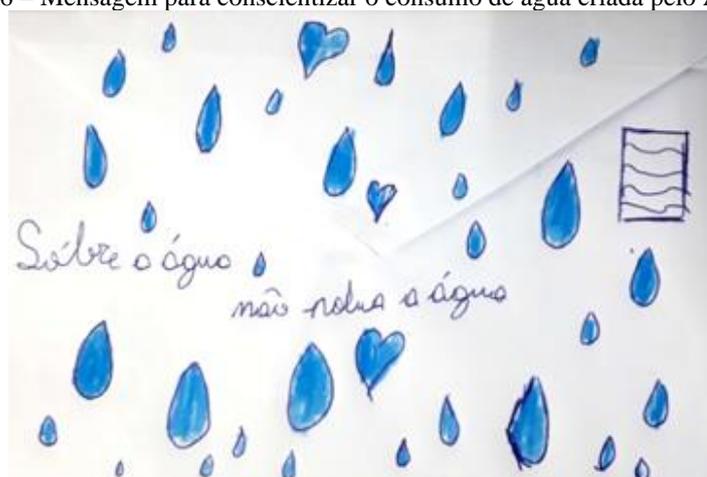


Fonte: da autora.

Por fim, nas figuras 56 e 57 notamos a espontaneidade do aluno LC ao expressar sua personalidade quando elaborou uma carta para conscientizar o leitor: “Sobre a água... não polua a água. Pessoa que está lendo esta carta, por favor, cuide da água. Sabia que uma descarga gasta 10 litros de água? Assim um dia a água vai acabar. A água é vida. Deixar um minuto a torneira aberta gasta 12 litros de água. Por favor, cuide”. Consideramos a carta uma produção original, pois este aluno fez algo diferente do sugerido, seguindo sua intuição e decidindo fazer algo diferente dos demais. Reconhecemos que partimos de um julgamento quando queremos dizer que algo é mais ou menos original, isto também porque consideramos subjetivamente as orientações que demos aos alunos quando propomos a tarefa. A carta não foi uma opção dada aos alunos, e por isso ela mostrou-se como uma produção mais original que as demais.

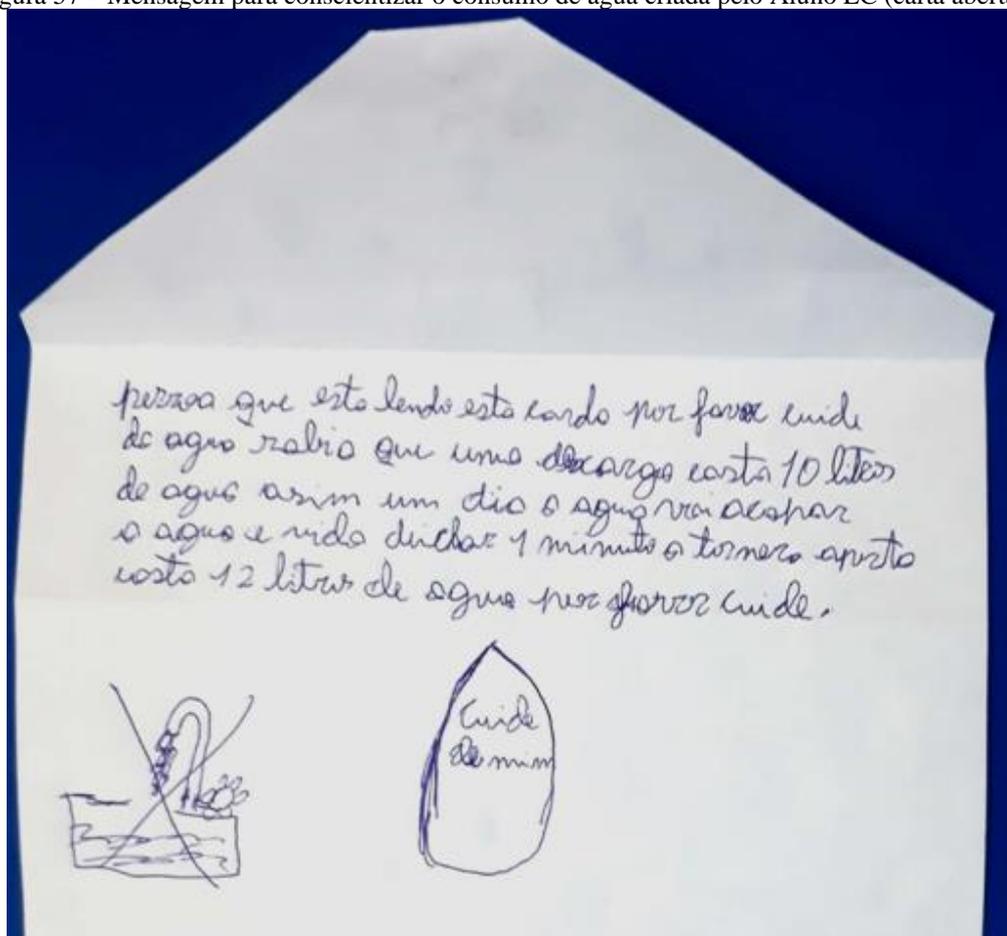
⁶² No desenho, a personagem fala: “Não desperdice isso! Você pode utilizar isso para lavar a mão e etc.”.

Figura 56 – Mensagem para conscientizar o consumo de água criada pelo Aluno LC.



Fonte: da autora.

Figura 57 – Mensagem para conscientizar o consumo de água criada pelo Aluno LC (carta aberta).⁶³



Fonte: da autora.

⁶³ A mensagem que o aluno quis passar foi: "Pessoa que está lendo esta carta, por favor, cuide da água. Sabia que uma descarga gasta 10 litros de água? Assim um dia a água vai acabar. A água é vida. Deixar 1 minuto a torneira aberta gasta 12 litros de água. Por favor, cuide. Cuide de mim".

Buscamos planejar essa prática com tarefas que pudessem envolver a investigação por parte dos alunos, com perguntas e problemas abertos, e por isso essa tarefa tem perspectiva heurística, o que coopera para a emersão da criatividade por parte dos alunos.

A duração da prática foi de três períodos, e observamos algumas influências ambientais que ajudaram na promoção da criatividade. O tempo destinado para o desenvolvimento de ideias foi suficiente para a realização das tarefas, entretanto não haveria como disponibilizar mais períodos caso outras discussões surgissem.

Notamos que o ambiente de aprendizagem criado foi motivador para os alunos participarem, pois eles já haviam tido contato com o assunto na disciplina de ciências, o que contribuiu para o interesse e motivação em participar da aula com confiança. A experiência promovida foi com um tema da realidade dos alunos, com tema que gerou preocupação futura com relação a falta de água. Além disso, a tarefa solicitada para realizar em casa, investigando as formas de utilizar a água e o tempo/frequência, permitiu aos alunos desenvolverem a criticidade, importante no ambiente de modelagem matemática.

Durante as aulas, como vimos nos diálogos e nas imagens de suas produções, foi promovido um ambiente de respeito e aceitação mútua, uma vez que os alunos participaram, mostrando seu conhecimento sobre o tema, sobre as vivências familiares e os colegas ouviam e contribuía com seus comentários e respostas também. Alencar (1990) aponta este fator como um modo de promover o potencial criativo dos alunos, assim como permitir a espontaneidade e a iniciativa, o que foi feito pelas professoras. Os alunos, ainda, foram encorajados a compartilhar suas ideias (FLEITH; ALENCAR, 2005) e conforme um aluno participava, outro demonstrava interesse em compartilhar suas respostas, percebendo um ambiente de sensação de liberdade para expor sua opinião e ideias. Ao longo de toda a tarefa, ambas as professoras valorizaram o trabalho dos alunos tecendo comentários positivos, como sugere Alencar (1990), elogiando seus trabalhos e ajudando na execução dos cálculos, e acreditamos que esse fato pode ter encorajado os alunos, dando-lhes confiança para se expressarem criativamente.

Como novos fatores que contribuía para a expressão criativa dos alunos, podemos inferir que uma aula diferente do que se costuma e a integração de uma aula com duas disciplinas e com duas professoras em sala de aula cooperou para a Criatividade, uma vez que a junção das disciplinas aproximou os conhecimentos relacionados as duas, trazendo significado para ambas as disciplinas. Observamos que hobbies, como desenho, também ajudaram alguns alunos a se destacar em sua produção criativa. Por fim, a tarefa de casa, em que a maioria trouxe informações de ações que envolvem o uso da água, por ser uma tarefa de

casa diferente da comum (exercícios de fixação, na maioria dos casos) permitiu a expressão criativa dos alunos.

Para finalizar esta seção, trazemos de forma resumida no quadro 30 as evidências de criatividade e os fatores que cooperaram para seu surgimento.

Quadro 30 – Evidências e fatores da prática.

Evidências de criatividade na personalidade, no cognitivo e nas atitudes dos alunos:		Fatores que cooperaram para a criatividade dos alunos:	
Da literatura consultada	Novas evidências	Da literatura consultada	Novos fatores
<ul style="list-style-type: none"> - Fluência de ideias - Interesse - Entusiasmo - Conhecimento - Originalidade - Flexibilidade - Sensibilidade para problemas - Conhecimento matemático - Encontrou um caminho para o problema - Independência de pensamento e ação - Perseverança - Persistência - Espontaneidade - Talento - Intuição - Decisão - Treino - Motivação 	<ul style="list-style-type: none"> - Preocupação com o futuro - Comprometimento - Detalhista - Ter um <i>hobbie</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Tempo <p>O professor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Respeitou as ideias dos alunos - Criou um ambiente de sensação de liberdade - Encorajou os alunos a compartilhar suas ideias - Desenvolveu tarefas abertas com perspectiva heurística - Desenvolveu uma atmosfera criativa - Permitiu espontaneidade, iniciativa e senso de humor - Promoveu uma experiência com tema da realidade dos alunos - Promoveu um ambiente de respeito e aceitação mútua - Encorajou os alunos a compartilharem suas ideias - Valorizou o trabalho dos alunos tecendo comentários positivos 	<ul style="list-style-type: none"> - Aula diferente do comum - Integração de duas disciplinas e com duas professoras - Tarefa de casa diferente da comum. - O tema escolhido gerou preocupação com o futuro

Fonte: dos autores.

No capítulo seguinte, faremos uma análise geral das observações realizadas até o momento.

7 ANÁLISE GERAL DOS DADOS

Neste capítulo fazemos uma análise geral acerca de todos os aspectos observados nos relatos de experiência e na prática. Analisamos os dados de forma indutiva, utilizando os quadros-síntese da seção 2.2, que estão baseados nas definições de criatividade (enquadrada nas 4 categorias: produto, pessoa, processo e influências ambientais), além dos conceitos de criatividade em matemática. Ressaltamos, mais uma vez, que nem todas as informações dos quadros-síntese foram identificadas nas análises e que, ainda, novos indícios de criatividade e fatores favoráveis para sua ocorrência foram apontados neste estudo.

Nossa análise se deu a partir de observações de tarefas realizadas no ambiente de aprendizagem de modelagem matemática, segundo Barbosa (2001). O que significa que em outros ambientes de aprendizagens, em outras circunstâncias, com outro público participante, nossos apontamentos podem não se adequar. A criatividade se manifesta de maneira diferente em cada caso, e nossas observações se referem ao Ensino Fundamental da Educação Básica. Alguns fatores que podem promover a criatividade e indícios de sua ocorrência já foram apontados em estudos anteriores, com públicos e ambientes diferentes, e nesta pesquisa encontramos algumas correspondências. Porém, considerando o contexto educacional, novas evidências de criatividade e fatores que cooperam para seu surgimento foram revelados.

A questão que buscamos responder nesta pesquisa foi “**Quais fatores podem favorecer a criatividade dos alunos em um ambiente de aprendizagem de Modelagem Matemática?**”. Lembrando que nossos objetivos foram, em síntese, identificar indícios de criatividade e os fatores (já apontados na literatura consultada ou novos) que cooperaram para seu surgimento.

Em nossas observações, a criatividade dos alunos não foi evidenciada totalmente como Simonton (2012) afirma: **criatividade = originalidade × adequação**. Ela pôde apresentar-se bem mais como consequência de sua personalidade e habilidades, até mesmo nas atitudes e decisões tomadas, do que a concretização de um produto acabado como Martínez (1997) e Mackinnon (1962) também sugerem. No âmbito escolar, produções criativas podem surgir na forma como Amabile (2018) concebe a criatividade: “um produto ou resposta será considerado criativo na medida em que (a) for uma resposta nova e apropriada, útil, correta ou valiosa para a tarefa em questão, e (b) a tarefa é heurística e não algorítmica” (AMABILE, 2018, p. 35).

Assim, considerando o público que participou das tarefas descritas nos relatos de experiência e na prática, observamos que as ideias, respostas e produtos (maquete, esboços do

estacionamento, dispositivos de lançamento) apresentaram-se como criativos, pois satisfizeram a definição de criatividade de Amabile (2018). Porém, essa criatividade não deve ser associada à Criatividade com C maiúsculo, como Kaufman (2016) considera, em que as respostas e ideias podem mudar o mundo social e físico, mas sim na criatividade com c minúsculo, aquela que todo ser humano é capaz de demonstrar, a criatividade diária, que pode, acreditamos, mudar o mundo social e físico no âmbito da vida de cada indivíduo. Vale a pena destacar o que Torre (2005) fala sobre cultivar a criatividade em sala de aula: “ao desenvolver em nossos alunos habilidades, hábitos e atitudes de pensamentos criativos, divergentes, heurísticos, etc., estaremos aumentando o potencial inovador dessas pessoas” (TORRE, 2005, p. 145-146). Ou seja, suas criações em tarefas escolares podem ser um treino para, no futuro, realizarem grandes feitos, assim como outras pessoas que usaram suas ideias e criações para revolucionar o meio onde vivem.

Para a promoção da criatividade, percebemos a importância da figura do(a) professor(a) em sala de aula. Ao se colocar em uma posição de se aventurar, assim como Torrance (1976) sugere, saindo da zona do conforto, da forma tradicional de dar aula, o(a) professor(a) pode desenvolver uma atmosfera criativa na aula (TORRANCE, 1976) a partir de **suas decisões e ações**. Ele(a) é, por si só, um(a) agente de transformação do ambiente (tornando-o estimulador ou inibidor de ideias). A partir de nossas observações, consideramos que o surgimento de ideias e produções criativas na escola depende, em grande parte, do(a) professor(a). Por isso, os fatores que cooperam para a criatividade dos alunos relacionam o(a) professor(a) às tarefas, ao ambiente de sala de aula, às suas ações, à aprendizagem do aluno e a outros fatores que podem ou não depender do(a) professor(a).

Considerando nossas análises específicas feitas à luz da fundamentação teórica, inferimos que, com relação ao preparo das tarefas, o(a) professor(a) pode:

- Primeiramente, **identificar os interesses dos alunos para, então, elaborar as tarefas**, pois sem esta identificação a motivação intrínseca (que faz o aluno se envolver com a tarefa por interesse) estará comprometida pela motivação extrínseca (que surge pela promessa de receber recompensas, elogios), uma vez que a pressão dos colegas, prazos podem prejudicar a criatividade dos alunos, segundo Amabile (2018). No relato de experiência 5.1, o professor identificou que o interesse em jogar bolinhas de papel poderia constituir-se de uma motivação para investigação, o que pode ter promovido a criatividade dos alunos no estudo com as catapultas;

- **As tarefas devem ser de caráter aberto**, com possibilidade de várias respostas, com momentos de investigação e questionamentos (MACKINNON, 1962; AMABILE, 2018). Todos os relatos e a prática tiveram tarefas que tinham caráter investigativo, exceto o relato 5.4 que teve a tarefa em formato fechado, já que algumas perguntas eram fechadas, tendo como solução uma única resposta. Este fato dificultou a promoção da criatividade durante a tarefa;
- Prover oportunidades de **experiência de aprendizagem próximas às da vida real** (FLEITH; ALENCAR, 2005). Apesar de os relatos 5.1 e 5.3 não terem trazido temas próximos da realidade dos alunos, os temas das tarefas permitiram que o potencial criativo dos alunos fosse explorado com as tarefas abertas e temas atrativos;
- Propor **tarefas com temas que desperte empatia e preocupação futura**. Este novo fator foi observado no relato 5.5 e na prática. Não é diretamente ele que proporciona a criatividade, mas sim o interesse unido à preocupação com o tema que promove o engajamento do aluno com a tarefa e que pode resultar em atitudes e pensamentos criativos;
- Propor **desafios inéditos** para serem estudados. Este se constitui um novo fator que cooperou para a criatividade dos alunos. Nos relatos 5.1, 5.2 e 5.3, o docente trouxe uma proposta de trabalho em forma de desafio, que motivou os alunos, pelo interesse, promovendo o envolvimento com a tarefa e, ainda, ideias e ações criativas;
- Propor **tarefas de casa diferentes** das que costuma propor. Propor tarefas que solicite pesquisa, momentos de observação podem se constituir em fatores que despertam o potencial criativo dos alunos, como vimos na prática os alunos trazendo a tarefa de casa com riqueza de detalhes sobre o que foi pedido. Este fator se constitui um novo fator que pode cooperar para a criatividade;
- Por fim, observamos que **proporcionar uma aula diferente da convencional**, se constitui como novo fator que pode favorecer a criatividade dos alunos, uma vez que os alunos são atraídos pelo novo formato de aula, como aconteceu nos relatos 5.1, 5.2 e 5.3 e na prática;

Com relação ao ambiente de sala de aula (ou outro local), o docente pode:

- Criar um **ambiente de liberdade** para o aluno explorar, experimentar, inovar e arriscar sem medo da avaliação ou crítica (ALENCAR, 1990). Este aspecto foi observado nos relatos 5.1, 5.3, 5.5 e na prática;
- **Permitir espontaneidade, iniciativa e senso de humor**, ao invés de manter a ordem com os alunos sentados e quietos (ALENCAR, 1990). É difícil um professor permitir tal coisa, com medo de que a situação saia do controle, mas observando os dados coletados/produzidos podemos ver que esse foi um fator que cooperou para a criatividade nos relatos 5.1, 5.2 e na prática;
- **Criar um ambiente de respeito e aceitação mútua** (ALENCAR, 1990). Este ambiente ajuda a desenvolver confiança no aluno para expor suas ideias, além de os alunos aprenderem a ouvir as ideias dos colegas com franqueza. Percebemos esse fator no relato 5.2 e na prática;

Outras atitudes que o(a) professor(a) pode atentar:

- Dar ênfase na **cooperação ao invés da competição** (FLEITH; ALENCAR, 2005). No relato de experiência 5.2, a turma trabalhou em conjunto, resultando na confecção da maquete;
- **Encorajar os alunos a compartilhar** seus interesses, experiências, ideias e materiais em sala de aula (FLEITH; ALENCAR, 2005). Este fator foi evidenciado na prática, pois dessa forma as ideias criativas surgiram na medida em que os alunos compartilharam suas respostas;
- **Respeitar as ideias dos alunos**, mesmo que pareçam irrelevantes (ALENCAR, 1990). Este aspecto, que favoreceu a emergência de ideias criativas, ocorreu na prática quando foi necessário ouvir as respostas dos alunos sobre o que eles achavam que era desperdício de água ou sobre o que era usar água racionalmente, entre outros questionamentos que apareceram durante a tarefa;

No que se refere ao aprendizado dos alunos, consideramos importante o(a) professor(a):

- **Envolver os alunos na avaliação do próprio trabalho e na aprendizagem através da análise dos próprios erros** (FLEITH; ALENCAR, 2005). Observamos este fator cooperando para a criatividade dos alunos no relato 5.3 e 5.5;

- **Ensinar a verificar cada ideia sistematicamente** (TORRANCE, 1976). Pudemos constatar, no relato 5.3, que o professor ajudou os alunos a avaliar se suas ideias estavam de acordo com a necessidade, trazendo um debate para que toda a turma pudesse opinar sobre o assunto;
- **Ajudar a desenvolver, nos seus alunos, habilidade de crítica construtiva** (TORRANCE, 1976). Esse fator tem relação com o anterior, pois ao verificar uma ideia, os alunos dos relatos de experiência 5.2, 5.3 e 5.5 puderam perceber que suas ideias e as dos colegas eram válidas, fazendo comentários que ajudassem a melhorar o trabalho.
- **Valorizar o trabalho do aluno**, tecendo comentários positivos (ALENCAR, 1990). Observamos, na prática didática, que os alunos, ao receberem uma valorização de suas ideias, ganhavam confiança para seguir participando da aula, e este fato pode ter contribuído para que se expressassem de forma confiante e criativa durante as tarefas;
- **Estimular a manipulação de objetos e ideias** (TORRANCE, 1976). Observamos que, nos relatos 5.1 e 5.2, a manipulação de ideias e objetos foi importante para que ideias criativas pudessem surgir. No relato 5.1, “brincar” com as catapultas trouxe maturidade de pensamento para os alunos entenderem o que precisava ser feito para alcançar o objetivo da tarefa. No relato 5.2, os alunos manipularam fotos, medições, cálculos, artesanato, com a finalidade de cumprir com a maquete feita com medidas proporcionais.

Outros fatores que podem ou não depender da presença ou algum tipo de intervenção do(a) professor(a), são:

- O **tempo**. Segundo Fleith e Alencar (2005), dar tempo ao aluno para pensar e desenvolver suas ideias é uma estratégia para desenvolver a criatividade. Apenas nos relatos 5.4 e 5.6 que não observamos o tempo como um fator diferencial para a expressão criativa dos alunos, uma vez que as tarefas ocorreram em uma aula. Porém, nos outros relatos e na prática, o tempo foi fundamental para que os alunos pudessem explorar suas ideias, testá-las e questioná-las quanto a sua validade.
- A **abundância de material diversificado** (FLEITH; ALENCAR, 2005). Notamos nos relatos 5.1 e 5.2, o material diversificado ajudou os alunos a criarem produtos (as catapultas e a maquete) que cumpriram o objetivo das tarefas propostas.

- **A aquisição de conhecimentos em outros campos** (TORRANCE, 1976). Em algumas tarefas, como nos relatos 5.1 e 5.3, vemos que a aquisição de conhecimentos em outras áreas foi necessária para que a tarefa fosse cumprida de maneira satisfatória. Esse fator pode ter cooperado para a criatividade dos alunos;
- **O manuseio de recursos diversos**, como máquina fotográfica, o acesso a computadores e softwares, artesanato, relógio/cronômetro, etc. Este novo fator pode ter ajudado na expressão criativa dos alunos, pois foram instrumentos usados como meio para achar a resolução de um problema ou foi um recurso que se sem o qual não poderiam chegar a considerações importantes. Observamos este fator presente nos relatos 5.2, 5.3 e na prática.
- **Integração de duas ou mais disciplinas numa mesma tarefa**. Como novo fator que cooperou para a criatividade dos alunos, unir o conhecimento de dois ou mais professores ao realizar uma aula conjunta, pode promover o interesse dos alunos. Por exemplo, em uma situação que o aluno pode gostar de uma disciplina e de outra não, quando ambas trabalham juntas, a tarefa tende a ficar interessante, encorajando-o a participar e a expressar suas ideias.

Compreendemos, dessa forma, que o professor tem papel fundamental para a manifestação da criatividade de seus alunos. Entretanto, para responder completamente à pergunta desta pesquisa, observamos neste estudo outros 2 fatores de igual importância para a promoção da criatividade: o interesse e a motivação interna. Na modelagem matemática, o professor desenvolve um ambiente de aprendizagem que “estimula os alunos a investigarem situações de outras áreas que não a matemática por meio da matemática” (BARBOSA, 2001, p. 6). Porém, o interesse do aluno é um fator que deve ser levado em consideração, pois o “ambiente de aprendizagem que o professor organiza pode apenas colocar o convite. O envolvimento dos alunos ocorre na medida em que seus interesses se encontram com esse”. (BARBOSA, 2001, p. 6).

Alguns estudos já mostram que “a opção por temas de interesse do aluno amplia a sua motivação para o estudo e o seu comprometimento com as tarefas inerentes ao trabalho com a Modelagem” (JACOBINI, 2004 apud HERMÍNIO, 2009, p. 16). Citando Dewey (1978), Hermínio (2009) simplifica o entendimento acerca do interesse: “quando se está interessado em algo, aquilo nos traz fascínio, nos faz prosseguir rumo ao alvo, é dínamo suficiente para nos impulsionar, nos colocar em movimento, em busca daquilo que para nós tem expressivo valor” (HERMÍNIO, 2009, p. 93).

Por isso, identificar interesses está como o primeiro fator que coopera para a criatividade, pois nos relatos de experiência e na prática realizada, em geral, observamos que os alunos se envolveram com a tarefa por meio do interesse e este provém da motivação interna (AMABILE; PILLEMER, 2012). Os alunos perceberam a **tarefa ou como agradável, ou como satisfatória ou como desafiadora**, o que os levou a se envolverem com a mesma. A motivação, como Sternburg (2006) afirma, está associada ao poder de decisão do indivíduo, por isso também a decisão foi evidenciada como uma característica que favorece a criatividade dos alunos.

Logo, de igual maneira atribuímos importância ao interesse e à motivação do aluno para a expressão da criatividade, pois embora o professor seja uma peça importante para a promoção de um ambiente criativo, reconhecemos que as reações dos alunos podem influenciar a mediação do professor durante a tarefa. Isto quer dizer que quanto mais interessado o aluno se mostra, mais o professor se coloca entusiasmado e motivado a estar com os alunos fazendo intervenções pertinentes, aulas diferenciadas, etc. Ambos os fatores estão conectados e favorecem reciprocamente a criatividade.

Sobre as evidências de criatividade observadas neste estudo, notamos que elas se relacionavam à personalidade dos alunos, ao conhecimento e às habilidades que possuíam e, por fim, às suas decisões e escolhas.

No que diz respeito à personalidade dos alunos, as características que foram destacadas, foram a intuição, a iniciativa, o entusiasmo, a espontaneidade, a perseverança, a curiosidade, a autoconfiança, a abertura para (novas) experiências. Como novas evidências da personalidade criativa dos alunos, apontamos o comprometimento, o esforço, a concentração, ser detalhista e ser preocupado com o futuro.

Com relação ao conhecimento e às habilidades, os aspectos observados nos relatos e na prática foram relacionados ao conhecimento em matemática (básica), senso de proporção, visão espacial, saber usar símbolos, as características do pensamento divergente como a fluência de ideias e a flexibilidade, a capacidade de elaboração e redefinição, a sensibilidade para problemas e para ver o erro e a necessidade. Também a capacidade de encontrar um caminho e meios para resolver problemas, bem como criar método não usual para resolver o problema e capacidade de analisar o problema de maneira diferenciada. Além destas características, notamos que ter um *hobbie* ou conhecimento e/ou habilidades (talento e treino) em alguma área, como esportes, desenho, etc. pode se constituir uma nova evidência que ajuda no desenvolvimento do potencial criativo dos alunos em tarefas de modelagem matemática.

Já as características relacionadas às decisões e às escolhas dos alunos, notamos: a independência de pensamento e ação, a dedicação ao trabalho, e as ações do pensamento criativo como elaborar suposições, formular hipóteses e buscar por soluções.

Concordamos, dessa forma, a partir de nossa análise que a criatividade “requer uma combinação particular de fatores relevantes do indivíduo, como capacidades intelectuais e traços de personalidade, além do contexto ambiental” (LUBART, 2007, p. 17). E assim, respondemos à questão de pesquisa e cumprimos com os objetivos da mesma. Neste estudo buscamos apresentar os fatores que propiciam a criatividade em sala de aula. Destacamos tanto a criatividade que surge a partir de fatores internos como a que surge de fatores externos. No contexto escolar, evidenciamos que tarefas de modelagem matemática, na perspectiva de Barbosa (2001), permitem que os alunos desenvolvam seu potencial criativo, pois são tarefas do tipo aberta, de caráter heurístico, com problematização e investigação. Uma vez que todo ser humano é criativo e que possui muito potencial criativo à espera de ser explorado (KELLEY; KELLEY, 2013), acreditamos que o ambiente de modelagem matemática pôde permitir que esse potencial criativo fosse, então, explorado.

A fim de contribuir para futuros estudos em criatividade desenvolvidos sob a perspectiva de modelagem de Barbosa (2001), as observações realizadas neste estudo nos levaram a compreender que a criatividade em um ambiente de aprendizagem de modelagem matemática é a expressão de decisões e ações eventuais (às vezes inesperadas), que resultam em ideias, respostas, modelos novos⁶⁴, ou pelo menos infrequentes, e que cumprem o propósito de uma investigação, solucionando problemas com tarefas em aberto e de perspectiva heurística. Na expressão dessas decisões e ações, o aluno revela características relacionadas à sua personalidade e demonstra conhecimento e habilidades que possibilitam o desenvolvimento de sua criatividade. Enquanto isto, fatores ambientais, principalmente relacionados à figura do docente, propiciam tanto a criatividade durante o processo, quanto sua concretização com o produto (ideia, resposta, modelo) criado.

Para finalizar este capítulo, sugerimos propostas de trabalho que possibilitem a expressão criativa dos alunos. Propostas como os relatos de experiência 5.1, 5.2 e 5.3 e a prática desenvolvida são exemplos interessantes para serem explorados em sala. Eles foram os

⁶⁴ Como vimos no referencial teórico desta dissertação, alguns autores caracterizam a criatividade como a produção de algo novo, mas para uma produção ser considerada nova, alguém precisa julgar a sua novidade. No nosso entendimento sobre o que é criatividade em modelagem matemática, o “novo” é julgado pelo professor, pois ele conhece seus alunos, sabe das respostas e das produções que eles comumente fazem. A ideia, a resposta ou o modelo será novo, quando nem mesmo o professor esperava tal produto do aluno, pois normalmente quando um professor prepara uma tarefa aberta, ele até prevê que tipos de respostas podem surgir para planejar o andamento da aula. Quando um aluno demonstra algo que o professor não havia pensado para a solução de um problema dado, pode-se considerar que esse aluno foi criativo.

que mais apontamos indícios de ações e produções criativas, além dos fatores que identificamos para a promoção da criatividade. Primeiro, por se tratarem de tarefas abertas, segundo pela condução que o professor deu durante a(s) aula(s), explorando o conteúdo enquanto os alunos iam apresentando seus argumentos e modelos, entre outros fatores trazidos nesta pesquisa.

Aos professores que possuem pouca familiaridade com a modelagem matemática, sugerimos que conduzam a aula e usem temas atraentes, elaborando tarefas abertas como foi nos relatos de experiência. Aos professores que tem mais familiaridade com as tarefas de modelagem, podem-se usar os fatores apontados nesta pesquisa para elaborar suas próprias tarefas, observando o ambiente escolar e as características pessoais de seus alunos, além de levar em consideração os conhecimentos que se deseja abordar durante as tarefas e as habilidades necessárias para sua execução.

No capítulo seguinte, expomos as considerações finais desta pesquisa.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo sobre criatividade em um ambiente de aprendizagem de modelagem matemática, buscamos responder à questão “**Quais fatores podem favorecer a criatividade dos alunos em um ambiente de aprendizagem de modelagem matemática?**”. Para respondê-la, seguimos os objetivos: identificar evidências de criatividade; identificar quais foram os fatores importantes para que houvesse esse momento criativo, levando em consideração a literatura consultada; e apontar, se existissem, novos fatores que poderiam colaborar para a expressão da criatividade dos alunos.

Tanto nos relatos como na experiência promovida, observamos que o professor é a peça chave para criar um ambiente criativo, uma vez que ele pode ou não permitir a liberdade de expressar ideias em sala de aula, pode ou não elaborar tarefas abertas e de caráter investigativo para explorar o potencial criativo dos alunos, pode ou não se inclinar aos interesses dos alunos para trabalhar temas que motivem a sua participação, entre outras atitudes. Identificar os interesses dos alunos é o primeiro fator que pode favorecer a criatividade, assim como trabalhar com temas da realidade da turma. Como novo fator, destacamos que, dentre os temas trazidos da realidade dos alunos, os que causam empatia e preocupação com o futuro proporcionam o interesse e, por consequência, os alunos se envolvem com a tarefa pela motivação intrínseca (AMABILE, 2012).

Igualmente relevantes, destacamos esse o interesse e a motivação dos alunos como fatores que devem ser considerados para a promoção de um ambiente criativo, pois são eles que farão com que o aluno se envolva com a tarefa, sem necessariamente esperar um retorno externo (conceito/nota, elogio, aprovação do professor ou colegas, etc.).

Observamos também, nos dois momentos, que trazer uma novidade para a sala de aula com uma forma de ensinar diferente do que de costume e desenvolver uma aula com uma perspectiva heurística, em ambiente de aprendizagem de modelagem, também favorecem a criatividade. Dar liberdade para os alunos compartilharem suas ideias e pensamentos, bem como propor temas de outras áreas, além de permitir a espontaneidade e a iniciativa, também são fatores importantes. Acreditamos que nos ambientes de modelagem matemática todos esses aspectos são contemplados, o que contribui para o desenvolvimento da criatividade por parte dos estudantes.

Notamos, pelos dados, que os alunos não demonstraram muitas habilidades em matemática. Seu conhecimento se limitava ao conteúdo que estava sendo ensinado anteriormente ou no momento da aula. Para a manifestação da criatividade em matemática,

acreditamos que a falta de prática e persistência dos alunos e do(a) professor(a), ainda presos ao paradigma do exercício (SKOVSMOSE, 2000), possa ser um empecilho, seja porque o currículo não abre espaço para tarefas que permitam o desenvolvimento da criatividade, ou por falta de tempo ou, ainda, pela direção escolar que pensa de maneira diferente nesse sentido. É provável que alguns motivos que não permitiram o desenvolvimento de habilidades criativas em matemática foram a limitação do tempo das tarefas em aula e/ou a condução que o(a) professor(a) deu durante as tarefas, ou ainda a forma como foram elaboradas as tarefas (algumas eram de caráter fechado).

Como novo fator, percebemos que transformar o ambiente da sala de aula com desafios para os alunos investigarem no ambiente escolar ou, ainda, combinando com alguma tarefa de casa diferente da convencional (normalmente, são propostos exercícios de fixação), também contribui para o desenvolvimento da expressão criativa da turma.

Por último, salientamos que outras habilidades que os alunos possuem colaboram para a criatividade em ambiente de aprendizagem de modelagem matemática, como um *hobbie* (desenhar, pintar, cantar, tocar algum instrumento, gostar de ler) ou ser bom/conhecer bem esportes, ou até ter facilidade para aprender algo novo. Em alguns relatos e/ou na prática, o conhecimento prévio de um assunto não ligado à matemática ou a outra disciplina, possibilitou a criatividade.

Caminhando para o fim deste texto, gostaríamos de tecer alguns comentários sobre a prática realizada. Acreditamos que ela tenha atendido seu propósito e que o tema trabalhado acrescentou conhecimento reflexivo e crítico ao aprendizado dos alunos, sobretudo no que diz respeito às atitudes que podemos tomar para consumir água conscientemente. Observamos, também, que os alunos se apresentaram abertos para esta nova experiência, respondendo ao convite que fizemos para fazer modelagem matemática.

Ainda refletindo sobre o que realizamos, percebemos que o tempo foi curto para uma proposta que poderia ter gerado bem mais espaço para discussão e entrosamento entre alunos e professoras ali presentes. Também constatamos, ao realizar as análises dos dados, que a condução da aula foi um pouco exacerbada, e que poderia ter sido diferente, permitindo ainda mais liberdade durante a aula, inclusive na tarefa final. A partir destas observações, buscaremos nos preparar para momentos semelhantes, a fim de proporcionar tarefas de modelagem que despertem interesse e motivação dos alunos, e permita a criatividade em todas as atos.

Vislumbrando o futuro, penso que poderei me aperfeiçoar na elaboração e execução de tarefas de modelagem, buscando principalmente permitir que a criatividade seja cultivada.

Seguirei fazendo pesquisas, pois penso que um professor nunca deve se acomodar em sua profissão e, por sua vez, deve sempre buscar formas de preparar suas aulas e conduzir seus alunos, proporcionando um ambiente no qual eles possam, cada vez mais, expressar sua criatividade.

Acreditamos que professores e pesquisadores poderão usar este trabalho para aprofundar seus estudos e suas práticas didáticas. A proposição das tarefas em modelagem matemática será realizada tomando as devidas ações para que os alunos possam expressar todo o potencial criador que possuem. Ainda acreditamos que um pouco mais de compressão acerca da criatividade em modelagem matemática pode ter sido alcançada por meio dessa pesquisa, uma vez que buscamos referências atuais e passadas que se relacionam, que se complementam e que tem a conexão ideal com as tarefas que são elaboradas em ambiente de modelagem.

Finalmente, outras pesquisas podem ser realizadas, dando continuidade a esta, seja com alunos de Ensino Fundamental, Médio ou Superior, de instituições públicas e privadas. Recomendamos, por último, que as pesquisas que surgirem deem preferência para atividades de campo, ou seja, que novas experiências com modelagem matemática sejam realizadas em sala de aula, pois é importante que o docente experimente sair de sua zona de conforto e proporcione um ambiente criativo (e pode-se levar em consideração os fatores desta pesquisa que puderam promover a criatividade ou mesmo outros que julgar pertinentes). Seja como for, que possamos gerar mais momentos de manifestação criativa de nossos alunos.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, E. M. L. S. **Criatividade no contexto educacional: três décadas de pesquisa.** *Psicol. teor. pesqui*, v. 23, n. esp, p. 45-49, 2007.
- ALENCAR, E. M. L. S. **Como desenvolver o potencial criador: um guia para a liberação da criatividade em sala de aula.** Petrópolis, RJ: Vozes, 1990.
- ALENCAR, E. M. L. S. **Promovendo um ambiente favorável à criatividade nas organizações.** *RAE-Revista de Administração de Empresas*, v. 38, n. 2, p. 18-25, 1998.
- ALENCAR, E. M. L. S.; FLEITH, D. S. **Criatividade: múltiplas perspectivas** Brasília: UnB. 2003.
- ALENCAR, E. M. L. S.; FLEITH, D. S. **Criatividade pessoal: fatores facilitadores e inibidores segundo estudantes de engenharia.** *Magis: Revista Internacional de Investigación en Educación*, v. 1, n. 1, p. 113-126, 2008.
- ALMEIDA, L. M. W.; VERTUAN, R. E. **Discussões sobre “como fazer” modelagem matemática na sala de aula.** *Práticas de modelagem matemática na educação matemática*, p. 19, 2011.
- ALMEIDA, L. M. W.; SILVA, K. P.; VERTUAN, R. E. **Modelagem matemática na educação básica.** São Paulo: Contexto, 2012.
- AMABILE, T. M. **Componential theory of creativity.** *Harvard Business School*, v. 12, n. 96, p. 1-10, 2012.
- AMABILE, T. M. **Creativity in context: Update to the social psychology of creativity.** Routledge, 2018.
- AMABILE, T. M.; PILLEMER, J. **Perspectives on the social psychology of creativity.** *The Journal of Creative Behavior*, v. 46, n. 1, p. 3-15, 2012.
- BARBOSA, J. C. **Modelagem Matemática na sala de aula.** *Perspectiva*, v. 27, n. 98, 2003.
- BARBOSA, J. C. **Modelagem Matemática: O que é? Por quê? Como?** *Veritati*, n. 4, p. 73-80, 2004.
- BARBOSA, J. C. **Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico.** In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 24., 2001, Caxambu. Anais... Caxambu: ANPED, 2001. 1 CD-ROM
- BARBOSA, J. C. **As discussões paralelas no ambiente de aprendizagem modelagem matemática/The parallel discussions in the mathematical modeling learning environment.** *Acta Scientiae*, v. 10, n. 1, p. 47-58, 2008.
- BASSANEZI, C. R. **Ensino-Aprendizagem com Modelagem Matemática.** São Paulo, 2002.

BEAN, D. W. **As premissas e os pressupostos na construção conceitual de modelos.** In: V SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA., 5, Petrópolis – RJ. Anais. Petrópolis, 2012. 22 p.

BEAN, D. W. **Modelagem se encontra por trás das contas.** In: V ENCONTRO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5, Toledo – PR. Anais... Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Toledo, 2012. 21p.

BEAN, D. W. **Modelagem: Uma Conceituação Criativa de Situações.** IV Encontro de Educação Matemática de Ouro Preto – MG. Anais. Universidade Federal de Ouro Preto - Ouro Preto, 2009. 16 p.

BECK, M. M.. **Uma experiência de Modelagem Matemática no ensino por ciclos no município de Porto Alegre (RS).** In: X Conferência Nacional de Modelagem na Educação Matemática, 2016, Maringá-PR. X Conferência Nacional de Modelagem na Educação Matemática. Maringá: UEM, 2016. v. 1. p. 1-10.

BIEMBENGUT, M. S. **30 Anos de Modelagem Matemática na Educação Brasileira: das propostas primeiras às propostas atuais.** Alexandria: revista de educação em ciência e tecnologia, v. 2, n. 2, p. 07-32, 2009.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. **Modelagem matemática no ensino.** São Paulo: Contexto, 2000.

BLOCH, Henriette et al. **Grand dictionnaire de la psychologie.** 1992.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos.** Tradução M. J. Alvarez, S. B. Santos e T. M. Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.

BUENO, F. da S. **Minidicionário da língua portuguesa /** Francisco da Silveira Bueno; Ed.rev. e atual. por Helena Bonito C. Pereira, Rena Signer. – São Paulo: FTD: LISA, 1996.

BURAK, D. et al. **Modelagem Matemática: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem.** 1992.

BURAK, D. **Modelagem Matemática e a sala de aula.** Encontro paranaense de modelagem em Educação Matemática, v. 1, p. 1-10, 2004.

CALDEIRA, A. D. **Modelagem Matemática: um outro olhar.** Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 2, n. 2, p. 33-54, 2009.

CALDEIRA, A. D.; SILVEIRA, E.; MAGNUS, M. C. M. Modelagem Matemática: alunos em ação. ALMEIDA, LMW de. ARAÚJO, JL e BISOGNIN, E. **Práticas de modelagem matemática na educação matemática.** Londrina: Eduel, p. 65-81, 2011.

CRUZ, A. N. da. et al. **Modelagem, criticidade e interdisciplinaridade: o caso do peso das mochilas.** Anais da VIII Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática, Santa Maria-RS, 2013.

CSIKSZENTMIHALYI, M. **The systems model of creativity: The collected works of Mihaly Csikszentmihalyi**. Springer, 2015.

DAL PASQUALE JUNIOR, M. L. **Criatividade e geração de ideias em atividades de modelagem matemática**. 2019. 195 f. Mestrado em Educação em Ciências e Educação Matemática - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel.

ERVYNCK, G. **Mathematical creativity**. In: Advanced mathematical thinking. Springer, Dordrecht, 2002. p. 42-53.

FERREIRA, A. B. de H. **Novo Aurélio Século XXI: o dicionário da língua portuguesa / Aurélio Buarque de Holanda Ferreira**. – 3 ed. totalmente revista. e ampliada. – Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

FERREIRA, J. L. **Os Efeitos da Maconha no Organismo: uma Experiência desenvolvida em um Ambiente de Modelagem Matemática**. In: VI Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática, 2009, Londrina. Anais da VI CNMEM, 2009.

FIORENTINI, D., LORENZATO, S. **Investigação em Educação Matemática: Percursos Teóricos e Metodológicos**. Campinas, SP: Autores Associados, 2006.

FLEITH, D. S., ALENCAR, E. M. L. S. **Escala sobre o clima para criatividade em sala de aula**. Psicologia: Teoria e Pesquisa, 21, 85-91. 2005.

FRANTZ, D. S. F. S. **Modelagem Matemática: Conhecendo o espaço escolar em formas e tamanhos**. In: VIII Conferência Nacional de Modelagem na Educação Matemática, 2013, Santa Maria-RS. VIII Conferência Nacional de Modelagem na Educação Matemática. Santa Maria: UFN, 2013. v. 1. p. 1-11.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996. Coleção leitura.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1994.

GAJKO, T. C. **O problema do estacionamento da escola**. In: X Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática, 2017, Maringá-PR. X Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática, 2017.

GONTIJO, C. H. **Criatividade em Matemática: identificação e promoção de talentos criativos**. Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 481-494, 2007a. Disponível em: <<http://www.ufsm.br/ce/revista>>

GONTIJO, C. H. **Estratégias para o Desenvolvimento da Criatividade em Matemática**. Linhas Críticas, 2006a. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193517419005>>

GONTIJO, C. H. **Relações entre Criatividade, Criatividade em Matemática e Motivação em Matemática de Alunos do Ensino Médio**. Tese (Doutorado em Psicologia) – Universidade Católica de Brasília, 2007b.

- GONTIJO, C. H. **Resolução e Formulação de Problemas: caminhos para o desenvolvimento da criatividade em Matemática**. In: Anais do SIPEMAT. Recife, Programa de Pós- Graduação em Educação-Centro de Educação – Universidade Federal de Pernambuco, 2006b, 11p.
- HAYLOCK, D. W. **A framework for assessing mathematical creativity in school children**. Educational studies in mathematics, v. 18, n. 1, p. 59-74, 1987.
- KAUFMAN, J. C. **Creativity 101**. Springer publishing company, 2016.
- KELLEY, T.; KELLEY, D. **Creative confidence: Unleashing the creative potential within us all**. Currency, 2013.
- LUBART, T. I. **Psicologia da criatividade**. Porto Alegre. Editora Artmed, v. 192, 2007.
- MACKINNON, D. W. **The nature and nurture of creative talent**. American psychologist, v. 17, n. 7, p. 484, 1962.
- MATÍNEZ, A. M. **Criatividade, personalidade e educação**; tradução Mayra Pinto—Campinas, SP: Papirus, 1997.
- MATSUMOTO, D. E. **The Cambridge dictionary of psychology**. Cambridge University Press, 2009.
- NOVAES, M. H. **Psicologia da criatividade**. Editora Vozes, 1971.
- OSTROWER, F. **Criatividade e processos de criação**, 25 ed. Petrópolis, Vozes, 2010.
- PALMA, R. M. **Manifestações da criatividade em modelagem matemática nos anos iniciais**. 2019. 117f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2019.
- PEREIRA, E. **A Modelagem Matemática e suas implicações para o desenvolvimento da criatividade**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Ponta Grossa, 2008.
- PONTE, J. P. **Gestão curricular em Matemática**. O professor e o desenvolvimento curricular, p. 11-34, 2005.
- ROQUE A. C. C.; CAMPOS, I. S. **Investigação sobre possibilidades de economizar água no cotidiano de alunos belorizontinos: Uma experiência com Modelagem Matemática**. In: VII Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática, 2011, Pará. VII Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática, 2011.
- SIMONTON, D. K. **Taking the US Patent Office criteria seriously: A quantitative three-criterion creativity definition and its implications**. Creativity research journal, v. 24, n. 2-3, p. 97-106, 2012.
- SKOVSMOSE, O. **Cenários para Investigação**. Bolema – Boletim de Educação Matemática, Rio Claro, n. 14, p. 66-91, 2000.

SRIRAMAN, B. **Are giftedness and creativity synonyms in mathematics?** Journal of Secondary Gifted Education, v. 17, n. 1, p. 20-36, 2005.

STEIN, M. I. **Stimulating creativity: Individual procedures.** Academic Press, 1974.

STERNBERG, R. J. **The nature of creativity.** Creativity research journal, v. 18, n. 1, p. 87-98, 2006.

TAYLOR, C. W. **Creativity: Progress and potential.** 1964.

TORRANCE, E. P. **Encouraging creativity in the classroom.** Dubuque, Iowa: Wm. C. Brown, 1974.

TORRANCE, P. E. Educação e criatividade. **Criatividade: Progresso e potencial.** São Paulo: Ibrasa, 1976.

TORRE, S. de la. **Dialogando com a criatividade.** São Paulo: Madras, 2005.

VERTUAN, R. E. **Um Olhar Sobre a Modelagem Matemática à Luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica.** 2007. 141 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina. Londrina. 2007.

VIDIGAL, C. L. **Desenvolvendo Criticidade e Criatividade com Estudantes de Geografia por meio de Modelagem.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto, 2013.

VIGOTSKY, L. S. **Imaginação e Criação na Infância: ensaio psicológico, apresentação e comentários.** Ana Luiza Smolka. São Paulo: Ática, 2010.

APÊNDICE A – Plano das aulas

<u>Data</u> : 16/09	<u>Duração da aula</u> : 50 minutos	<u>Público</u> : 6º ano
<u>Local</u> : Escola Estadual de Ensino Fundamental Ildefonso Gomes		
<u>Tema</u> : Água – desperdício e consumo consciente		

Objetivos

- Relembrar o conteúdo sobre o tema já estudado com a professora regente da disciplina de Ciências, buscando observar os conhecimentos adquiridos pelos alunos sobre o assunto;
- Trazer à consciência dos alunos a necessidade do uso racional da água.

Conteúdos

Unidade de capacidade (litro) e de tempo (hora, minuto, segundo, dia).

Recursos

Vídeo e atividades impressas.

Procedimentos

1º momento: Vídeo – 5 min.

Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=DxvHMilNM_Q (acesso em 10/09/2019).

2º momento: Desenvolver uma pequena discussão sobre o vídeo. Perguntas para guiar o debate. – 10 min.

- Por que a água é tão importante?
- Em quais atividades usamos água?
- O que vocês entenderam por “água virtual”?

3º momento: Responder perguntas da atividade impressa (resposta individual) – 10 min.

- Para você, o que é desperdiçar água?
- Você já viu alguém desperdiçando água? De que maneira?
- O que é usar a água racionalmente? Dê, pelo menos, 2 exemplos para responder essa pergunta.

4º momento: Perguntar se alguém gostaria de falar em voz alta o que respondeu – 5 min.

5º momento: Entregar o questionário e começar a fazer com eles (o que não souberem responder, fica como tarefa de casa) – 10 min.

Nome: _____	
MATEMÁTICA EM TODO LUGAR: ÁGUA E SEU CONSUMO	
Questionário sobre o consumo de água na sua casa.	
1. Quantas pessoas moram com você (contando com você)?	
<input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> Mais? Quantas? _____	
2. Você fica com o chuveiro aberto enquanto se ensaboa ou enquanto lava os cabelos? <input type="checkbox"/>	
sim <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> às vezes	
3. Quanto tempo você (acha que) demora no banho?	
<input type="checkbox"/> de 2 a 5 minutos <input type="checkbox"/> de 12 a 15 minutos	
<input type="checkbox"/> de 5 a 8 minutos <input type="checkbox"/> de 15 a 20 minutos	
<input type="checkbox"/> de 8 a 12 minutos <input type="checkbox"/> Mais? _____	
4. Enquanto você está escovando os dentes, você:	
<input type="checkbox"/> fecha a torneira <input type="checkbox"/> deixa a torneira aberta	
5. Quanto tempo você acha que a torneira fica aberta para enxaguar a boca quando escova os dentes?	
<input type="checkbox"/> menos que 30 segundos <input type="checkbox"/> 2 minutos	
<input type="checkbox"/> entre 30 segundos e 1 minuto <input type="checkbox"/> 3 minutos	
<input type="checkbox"/> 1 minuto <input type="checkbox"/> mais de 3 minutos	
6. Quantas vezes <u>na semana</u> lava-se roupa na sua casa?	
<input type="checkbox"/> 1 vez <input type="checkbox"/> 3 vezes	
<input type="checkbox"/> 2 vezes <input type="checkbox"/> Mais? _____	
7. Você ou sua família deixa a torneira aberta enquanto ensaboa a louça? <input type="checkbox"/> sim	
<input type="checkbox"/> não	

6º momento: Orientar sobre o dever de casa e entregar a folha com a tarefa para anotar dados sobre o consumo de água durante um dia inteiro – 10 min.

PARA CASA

Anote todas as atividades em que você e sua família usam água e quantas vezes repetem aquela atividade no dia.

Exemplo: banho = 1x ao dia por 10 min.; usar o vaso sanitário = 6x ao dia.

Quem faz?	O que faz, quantas vezes e por quanto tempo?

<u>Data:</u> 18/09	<u>Duração da aula:</u> 100 minutos	<u>Público:</u> 6º ano
<u>Local:</u> Escola Estadual de Ensino Fundamental Ildefonso Gomes		
<u>Tema:</u> Água – desperdício e consumo consciente		

Objetivos

- Retomar o dever de casa sobre a coleta de dados sobre o consumo de água para os alunos calcularem a quantidade de água consumida por eles e suas famílias;
- Trazer à consciência dos alunos a necessidade do uso racional da água após analisar a quantidade de água que eles e suas famílias consumiram em um dia, comparando com as recomendações da Organização das Nações Unidas (ONU);
- Propor que os alunos façam cartazes, vídeos ou escrevam mensagens para conscientizar as pessoas sobre o uso correto da água.

Conteúdos

Unidade de capacidade (litro) e de tempo (hora, minuto, segundo, dia).

Recursos

Atividade impressa.

Procedimentos

1º momento: Pedir que coloquem sobre a mesa o dever de casa e entregar a eles a folha para o cálculo do consumo de água ocorrido em um dia. Esta folha contém a tabela de informações sobre o consumo médio de água por atividade – 40 min.

Tabela de informações sobre o consumo médio de água por atividade

Cerca de 110 litros/dia é a quantidades de água suficiente para atender as necessidades básicas de uma pessoa, segundo a ONU (Organização das Nações Unidas).

Atividade	Quantidade em litros
1 descarga	10 litros
1 minuto de chuveiro aberto	15 litros
Lavar as mãos: 6 segundos de torneira aberta	1 litro
1 minuto de torneira aberta	12 litros
1 lavagem na máquina de lavar roupas ou no tanque	150 litros
Lavar o carro com mangueira	100 litros

Os valores utilizados para o cálculo são apenas uma referência. O consumo pode variar de acordo com a pressão da água e o tipo de abertura da torneira ou do equipamento.

Quantos litros de água, em média, você e sua família consomem por dia?

2º momento: Encorajando os outros a usar a água de forma consciente, instruir na atividade de fazer uma comunicação, seja cartaz, desenho, mensagem ou vídeo para expor nos meios de comunicação da escola – 50 min.

Propostas para fazer aos alunos:

- Fazer cartazes (grandes ou pequenos) com mensagens para você e seus colegas saberem da importância de poupar água. O que dizer? Quais soluções devemos tomar para poupar água, usando-a da maneira correta, consciente?
- Fazer desenhos, uma história em quadrinhos, escrever mensagens e escrever alguma informação de quanto se gasta de água com as ações do dia a dia.
- Fazer um vídeo, contar um depoimento, fazer um teatro (filmado), escrever e cantar uma canção.

3º momento: Fechamento da aula. Recolher todos os dados produzidos pelos alunos – 10 min.

ANEXO A: TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Eu, _____, R.G. _____, responsável pelo estudante _____, da turma _____, da Escola Estadual _____ declaro, por meio deste termo, que concordei com a participação do estudante na pesquisa intitulada **Um estudo sobre a Criatividade em Ambiente de Aprendizagem de Modelagem Matemática**, desenvolvida pela pesquisadora Olga Cristina P. Giraldi. Fui informado(a), ainda, de que a pesquisa é coordenada e orientada por Alvino Alves Sant’Ana, a quem poderei contatar a qualquer momento que julgar necessário, pelo e-mail alvino@mat.ufrgs.br.

Tenho ciência de que a participação do estudante não envolve nenhuma forma de incentivo financeiro, sendo a única finalidade desta participação a contribuição para o sucesso da pesquisa. Fui informado(a) dos objetivos estritamente acadêmicos do estudo, que, em linhas gerais, são:

- Elaborar e executar uma proposta didática para o Ensino de Matemática;
- Promover um Ambiente de Aprendizagem em Modelagem Matemática (na perspectiva de Barbosa);
- Analisar os fatores que favoreceram a Criatividade dos alunos em um Ambiente de Modelagem Matemática.

Fui também esclarecido(a) de que os usos das informações oferecidas pelo(a) aluno(a) serão apenas em situações acadêmicas (artigos científicos, palestras, seminários, etc.), sem a identificação dos alunos.

A colaboração de cada estudante se fará por meio de entrevista/questionário, bem como da participação em oficina/aula/encontro/palestra, em que será observado(a) e sua produção analisada, sem nenhuma atribuição de nota ou conceito às tarefas desenvolvidas. No caso de fotos, obtidas durante a participação do estudante, autorizo que sejam utilizadas em atividades acadêmicas, tais como artigos científicos, palestras, seminários etc., sem identificação. A colaboração do estudante se iniciará apenas a partir da entrega desse documento por mim assinado.

Estou ciente de que, caso eu tenha dúvida ou me sinta prejudicado(a), poderei contatar a pesquisadora responsável pelo e-mail profmatematicaolga@gmail.com.

Fui ainda informado(a) de que o estudante pode se retirar dessa pesquisa a qualquer momento, sem sofrer quaisquer sanções ou constrangimentos.

Porto Alegre, _____ de 2019.

Assinatura do Responsável: _____

Assinatura da pesquisadora: _____

Assinatura do Orientador da pesquisa: _____

ANEXO B: TERMO DE ASSENTIMENTO

Eu, _____, aluno(a) da turma _____, da Escola Estadual _____, aceito participar do projeto intitulado **Um estudo sobre a Criatividade em Ambiente de Aprendizagem de Modelagem Matemática**, realizado pela professora e pesquisadora Olga Cristina P. Giraldi. Eu autorizo o uso dos dados, que eu produzi durante o estudo, em futuros trabalhos acadêmicos.

Porto Alegre, _____ de 2019.

Aluno(a)

Olga Cristina P. Giraldi

ANEXO C: AUTORIZAÇÃO

A Escola Estadual _____, escola da rede estadual do Rio Grande do Sul, localizada em Porto Alegre, neste ato representada pela direção por intermédio do presente instrumento, autoriza Olga Cristina Penetra Giraldi, brasileira, casada, estudante e professora, portadora do RG _____, a utilizar o projeto **Um estudo sobre a Criatividade em Ambiente de Aprendizagem de Modelagem Matemática** em futuros trabalhos acadêmicos, inclusive em artigos e dissertação, necessários para a obtenção de grau de Mestre em Ensino de Matemática pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

A autorizada, por sua vez, obriga-se a manter em absoluto sigilo a identidade dos discentes que participarem do projeto.

Porto Alegre, _____ de 2019.

Direção

Olga Cristina Penetra Giraldi