

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA – UEPG

EMANUELI PEREIRA

**A MODELAGEM MATEMÁTICA E SUAS IMPLICAÇÕES
PARA O DESENVOLVIMENTO DA CRIATIVIDADE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, como pré-requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação, tendo como orientador o Professor Dr. Dionísio Burak.

**Ponta Grossa, PR
2008**

Ficha Catalográfica Elaborada pelo Setor de Processos Técnicos BICEN/UEPG

P436m Pereira, Emanueli
A modelagem matemática e suas implicações para o desenvolvimento da criatividade . / Emanueli Pereira. Ponta Grossa, 2008.
104f.
Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Orientador : Prof. Dr. Dionísio Burak

1. Educação matemática. 2. Ensino- aprendizagem.
3. Modelagem matemática. 4. Criatividade. I. Burak, Dionísio.
II. T.

CDD: 511.8

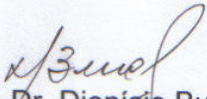
TERMO DE APROVAÇÃO

Emanueli Pereira

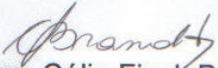
A MODELAGEM MATEMÁTICA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA CRIATIVIDADE

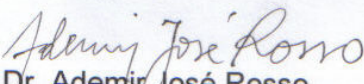
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Educação, Setor de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador


Prof. Dr. Dionísio Burak
UEPG


Prof. Dr. Cleyton Hércules Gontijo
UCB


Profa. Dra. Célia Finck Brandt
UEPG


Prof. Dr. Ademir José Rosso
UEPG

Ponta Grossa, 05 de dezembro de 2008

*Ao meu amor **Elissandro**, esposo querido,
companheiro em todos os momentos.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que tantas vezes recorri e sempre fui atendida, ao me dar força, saúde e inspiração durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Dionísio pelos ensinamentos e orientações e, principalmente pela confiança em mim depositada.

Aos Professores Cleyton, Célia e Ademir pela disponibilidade em participar da banca e pelas valiosas contribuições para com o trabalho.

Aos professores do programa por oportunizarem discussões e reflexões que contribuíram com este trabalho.

Aos colegas de turma pelas discussões e trocas de experiências. Em especial à Bettina e à Sabrina companheiras de viagens.

Ao amigo Tiago pelas contribuições prestadas e principalmente pelo incentivo.

Aos meus pais Edivaldo e Marilus que sempre valorizaram os meus esforços e a minha dedicação. E ao meu irmão Acácio.

Ao meu irmão Emiliano pela recepção em sua casa e pela atenção quando eu estava em Ponta Grossa.

*A alegria não chega apenas no encontro do
achado, mas faz parte do processo da
busca.*

Paulo Freire

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO	9
CAPÍTULO I	15
ENSINO DA MATEMÁTICA, MODELAGEM E CRIATIVIDADE	15
1.1 ENSINO DA MATEMÁTICA	15
1.2 CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO MATEMÁTICO	18
1.3 MODELAGEM MATEMÁTICA	20
1.4 CRIATIVIDADE	26
1.4.1 CARACTERÍSTICAS DO PENSAMENTO CRIATIVO	30
1.4.2 INIBIDORES DA CRIATIVIDADE	33
1.4.3 A CRIATIVIDADE E A EDUCAÇÃO	37
1.4.4 CRIATIVIDADE EM MATEMÁTICA	44
CAPÍTULO II	48
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E ANÁLISES	48
2.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	48
2.1.1 DOS PROCEDIMENTOS	50
2.1.2 DOS TRABALHOS SELECIONADOS	51
2.1.3 DOS ASPECTOS DE CRIATIVIDADE	53
2.2 DESCRIÇÕES E ANÁLISES	55
2.2.1 DESCRIÇÃO E ANÁLISES SOBRE A DISSERTAÇÃO ‘MODELAGEM MATEMÁTICA: UMA PERSPECTIVA PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO’ – TEMA: QUADRA DE ESPORTES	55
2.2.2 DESCRIÇÃO E ANÁLISES SOBRE A DISSERTAÇÃO ‘MODELAGEM MATEMÁTICA NO CONTEXTO DO ENSINO MÉDIO: POSSIBILIDADE DE RELAÇÃO DA MATEMÁTICA COM O COTIDIANO’ – TEMA: CULTURA DA SOJA	65
2.2.3 DESCRIÇÃO E ANÁLISES SOBRE A DISSERTAÇÃO ‘A PRODUÇÃO DE DISCUSSÕES REFLEXIVAS EM UM AMBIENTE DE MODELAGEM MATEMÁTICA’ – TEMA: FATURA DE ÁGUA	70
2.2.4 DESCRIÇÃO E ANÁLISES SOBRE A DISSERTAÇÃO ‘MODELAGEM MATEMÁTICA NO CÁRCERE’ – TEMA: CONSTRUÇÃO CIVIL	80
CONSIDERAÇÕES E PERSPECTIVAS DE CONTINUIDADE DA INVESTIGAÇÃO	89
REFERÊNCIAS	100

A MODELAGEM MATEMÁTICA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA CRIATIVIDADE

RESUMO

As discussões acerca da criatividade em âmbito escolar e mais particularmente o interesse em estudar a criatividade em atividades de Modelagem Matemática, ensejaram a elaboração desta investigação. Assim, centrou-se no estudo da criatividade em aplicações de Modelagem Matemática em sala de aula. A questão norteadora da pesquisa é: *os trabalhos desenvolvidos por meio da Modelagem Matemática, na perspectiva da Educação Matemática adotada, favorecem o desenvolvimento da criatividade?* Em função da questão principal e outras questões norteadoras da investigação os seguintes objetivos se fazem presentes: identificar e analisar aspectos relativos à criatividade presentes em atividades que utilizaram a Modelagem Matemática como metodologia de ensino e de investigação, descritas em algumas dissertações desenvolvidas em Programas de Pós-Graduação de universidades brasileiras e produzir indicadores sobre a relação Modelagem Matemática e Criatividade. A pesquisa foi desenvolvida numa abordagem qualitativa com análise de trabalhos acadêmicos (dissertações) orientados por Barbosa, Burak e Caldeira, autores que, segundo Klüber (2007), harmonizam-se em vários aspectos em relação à Modelagem Matemática, que leva em conta além da Matemática, outras áreas do conhecimento. Caracteriza-se como um estudo bibliográfico ou documental, com delineamento de pesquisa metaanalítica que, para Fiorentini e Lorenzato (2006), constitui-se numa revisão sistemática de outras pesquisas, visando realizar uma avaliação crítica das mesmas e/ou produzir novos resultados ou sínteses a partir do confronto desses estudos, transcendendo aqueles anteriormente obtidos. Com o intuito de abordar a criatividade em seus vários aspectos, identificados nas descrições das dissertações selecionadas, foram listados descritores provenientes da literatura, que se configuram como fatores que remetem à criatividade. Ao final da investigação destacamos como resultados que a liberdade de ação dos estudantes e a tarefa na perspectiva heurística, dentre outras, são fundamentais para possibilitar o desenvolvimento da criatividade em sala de aula numa atividade de Modelagem Matemática. Esses aspectos dependem em grande parte da postura adotada pelo professor durante o desenvolvimento da atividade. Salienta-se ainda que a Modelagem Matemática, ao abordar situações da realidade dos estudantes, pode despertar maior interesse pela Matemática e, conseqüentemente, proporcionar o desenvolvimento de habilidades relacionadas à criatividade em Matemática.

Palavras-chave: Educação Matemática, Ensino-Aprendizagem, Modelagem Matemática, Criatividade.

THE MATHEMATICAL MODELING AND ITS IMPLICATIONS FOR THE DEVELOPMENT OF THE CREATIVITY

ABSTRACT

The discussions around the criativity in the scholar scope and particularly the interest in studying the criativity into Mathematical Modeling tasks encouraged the elaboration of the present investigation. Therefore, this research focused on the study of the criativity into Mathematical Modeling applications inside classroom. The question around research is: *Do the tasks developed through Mathematical Modeling in the perspective Maths Education adopted favor the criativity's development?* In function of main question and other around this investigation, the following aims get presents: identify and analise aspects relating to the criativity present in tasks made use in Mathematical Modeling as a learning methodology and investigation described in some papers developed in Brazilian universities Post-Graduation Programs, and produce indicators about Mathematical Modeling relation and Criativity. The present research was developed into a qualitative approach through the analysis of academics researches (papers) advised by Barbosa, Burak, and Caldeira, writers that according to Klüber (2007), are harmonyzed in many aspects in relation to Mathematical Modeling, that take part beyond Mathematics itself and other knowledge areas. It characterizes as a bibliographic or documental study with an outline from meta analytic research. According to Fiorentini and Lorenzato (2006) it constitutes a sistematic review from other researches that carries out a critic evalluation and produces new results or synthesis up to these studies confront beyond those scored. Through the sense to approach the criativity in its various aspects, it was identified in the selected papers descriptions describers from literature that drawn how factors refer to the criativity. On the final of the investigation it was pointed out how the results as the student's freedom of action and the task in the heuristic perspective beyond other, are fundamentals in order to possibility the criativity development inside classroom in a Mathematical Modeling task. These aspects depend on great part of attitude adopted by the teacher during the task. Furthermore, the Mathematical Modeling in approaching situations from student's reality may arouse major interest by Mathematics and as a consequence supplying the abilities development related to the criativity in Mathematics.

Key-words: Mathematic Education, Teaching Learning Process, Mathematical Modeling, Criativity.

INTRODUÇÃO

Atualmente as pesquisas em Educação Matemática têm enfatizado aspectos, que não somente os relativos à Matemática, considerados importantes para o seu ensino. Fiorentini e Lorenzato (2006) explicitam que a Educação Matemática “caracteriza-se como uma práxis que envolve o domínio do conteúdo específico (a matemática) e o domínio de idéias e processos pedagógicos relativos à transmissão/assimilação e/ou à apropriação/construção do saber matemático escolar” (p. 5). Assim, depreende-se o caráter social, psicológico, filosófico e histórico do ensino da Matemática.

Kilpatrick (1996, p. 118) afirma que “enquanto a Educação Matemática for uma Ciência, ela será uma Ciência Humana. Se for vista como campo acadêmico mais do que uma disciplina, será um campo que repousa numa variedade de outras disciplinas [...] das Ciências Sociais”. Da mesma forma Wain (1978), citado por Rius (1989), salienta que a Educação Matemática é sustentada, por uma parte, da matemática e, por outra, dos diversos aspectos teóricos que se ocupa a Educação.

Nesse sentido, entendemos a Educação Matemática fundamentada nas Ciências Humanas e Sociais, interdisciplinar pois, conforme Rius (1989), estabelece relações entre áreas do conhecimento como a Filosofia, a Psicologia, a Sociologia e a Matemática, entre outras. Logo, o educador matemático deve estar atento às diferentes áreas que compõem a Educação Matemática não podendo, no processo, considerar apenas a Matemática.

Florentini e Lorenzato (2006) relacionam a Educação Matemática, além dessas já citadas, com a História, a Antropologia, a Semiótica, a Economia e a Epistemologia, para eles áreas que também prestam sua colaboração. Os autores argumentam que é uma área de “inúmeros e complexos saberes, na qual apenas o conhecimento da Matemática e a

experiência de magistério não garantem competência a qualquer profissional que nela trabalhe” (p. 5).

Em consequência disso é importante considerar, no ensino da Matemática, fatores que possam contribuir para a formação intelectual e social do educando, isto é, desenvolver habilidades que o permitam agir ativamente na sociedade. A criatividade é uma dessas habilidades que deve ser levada em consideração na formação dos estudantes. Essa afirmação encontra respaldo nos Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Fundamental), que inferem:

[...] a Matemática pode dar contribuição à formação do cidadão ao desenvolver metodologias que enfatizem a construção de estratégias, a comprovação e justificativa de resultados, **a criatividade**, a iniciativa pessoal, o trabalho coletivo e a autonomia advinda da confiança na própria capacidade para enfrentar desafios (BRASIL, 2001, p. 27) (grifo nosso).

Sobre a formação do estudante, os Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio) salientam que a Matemática pode contribuir para:

[...] formar no aluno a capacidade de resolver problemas genuínos, gerando hábitos de investigação, proporcionando confiança e desprendimento para analisar e enfrentar situações novas, propiciando a formação de uma visão ampla e científica da realidade, a percepção da beleza e da harmonia, **o desenvolvimento da criatividade** e o de outras capacidades pessoais (BRASIL, 1999, p. 82) (grifo nosso).

Pode-se apontar inicialmente que os Parâmetros Curriculares Nacionais colocam como elemento na formação dos estudantes o desenvolvimento da criatividade. Assim, é fundamental que as escolas e os professores propiciem atividades que possam colaborar para o desenvolvimento do potencial criativo. Outro aspecto importante que também consta nesse documento é o desenvolvimento de metodologias que enfatizem criação de estratégias, trabalho coletivo, autonomia, hábitos investigativos, entre outras habilidades.

Na concepção de Educação Matemática, que acolhe várias áreas das Ciências Humanas para contribuir no processo ensino-aprendizagem, é que alguns pesquisadores entendem a Modelagem Matemática. Essa metodologia para o ensino da matemática busca

dar significado ao conteúdo matemático aprendido em sala de aula e relacionar com a Matemática presente no dia-a-dia, bem como tornar o ensino da Matemática mais dinâmico. Deve-se acrescentar ainda que os conteúdos matemáticos abordados durante a aplicação da Modelagem Matemática surgem das necessidades de resolução das situações decorrentes do desenvolvimento da atividade.

Klüber (2007) analisou pesquisas de autores que trabalham com a Modelagem Matemática. Para ele, os que têm uma preocupação maior com a Educação Básica são: Barbosa, Burak e Caldeira. Além de entenderem que a Modelagem Matemática deve centrar-se na pesquisa, na investigação e na descoberta, Barbosa (2001, 2004), Burak (1992, 1998, 2004) e Caldeira (2004, 2007), salientam que esta deve partir de situações do cotidiano e/ou do interesse dos estudantes.

Nesta dissertação, o nível escolar que se tem por objeto é a Educação Básica, na qual a preocupação maior é com o processo e com a construção do conhecimento pelo estudante, além dos diferentes aspectos que se fazem presentes e que não podem ser compreendidos, exclusivamente, no âmbito da Matemática, sejam eles de ordem pessoal, pedagógica, psicológica, social e outras. Em razão desses aspectos, os autores escolhidos foram aqueles que têm produzido trabalhos no âmbito da Educação Básica. Além disso, foram aqueles em que os trabalhos apresentam descrições sobre a dinâmica do desenvolvimento da Modelagem Matemática. Pode-se então, ensejar a hipótese de que uma forma de trabalho mais livre, mais dinâmico e mais significativo para o estudante, como o proposto na metodologia de ensino fazendo uso da Modelagem Matemática na visão dos autores já citados, possa favorecer o desenvolvimento de aspectos relacionados com a criatividade no ensino de Matemática.

Como existem trabalhos em que constam descrições de aplicações de Modelagem Matemática em sala de aula, orientados e desenvolvidos pelos autores já citados e, optou-

se por analisar essas descrições buscando evidenciar aspectos que propiciaram o desenvolvimento do potencial criativo dos estudantes no decorrer da atividade de Modelagem.

Dessa forma, esta investigação tem como objetivos: identificar e analisar aspectos relativos à criatividade presentes em situações de ensino que utilizaram a Modelagem Matemática como metodologia de trabalho e de investigação, descritas em algumas dissertações desenvolvidas em Programas de Pós-Graduação de universidades brasileiras e produzir indicadores sobre a relação Modelagem Matemática e Criatividade.

A questão central a ser respondida é: *os trabalhos desenvolvidos por meio da Modelagem Matemática, na perspectiva da Educação Matemática adotada, favorecem o desenvolvimento da criatividade?*

Outras questões norteadoras da investigação permitem manter o foco e os objetivos propostos. São elas: a Modelagem Matemática em si propicia o desenvolvimento da criatividade? O que evidenciam os trabalhos acadêmicos acerca do espaço para o desenvolvimento da criatividade no ensino da Matemática e sobre o papel da Modelagem Matemática na abertura desse espaço? Qual o papel do professor e dos alunos nas manifestações criativas, conforme relatos nos trabalhos acadêmicos de Modelagem? O que os trabalhos acadêmicos evidenciam sobre o papel do ambiente no desenvolvimento da criatividade?

O delineamento investigativo, em função da questão principal e dos objetivos eleitos, centrou-se na metaanálise. Essa forma de delinear uma investigação contribui para conhecer aspectos distintos das produções científicas. Nesse caso, particularmente, optou-se por analisar quatro dissertações.

A fim de atender aos objetivos de pesquisa, organizamos o trabalho da seguinte forma:

No primeiro capítulo são apresentados aspectos do ensino da Matemática e a construção do conhecimento matemático. São apresentadas também as perspectivas de Modelagem Matemática, como metodologias para o ensino da Matemática, que dão sentido à Matemática escolar e do cotidiano. Os autores escolhidos para fundamentar o entendimento de modelagem adotado são os seguintes: Burak, Barbosa e Caldeira. Discutem-se as questões referentes à criatividade. É salientada a sua importância na vida das pessoas, tanto em âmbito escolar quanto no dia-a-dia. São explicitados fatores que visam abranger a criatividade em vários aspectos como, por exemplo, quanto à pessoa, ao produto, ao processo e ao ambiente. As características do pensamento criativo também são mencionadas. Um item é dedicado a abordar especificamente a Criatividade e a Educação, no qual se faz uma analogia entre a criatividade e a construção do conhecimento, embasada nos autores que tratam do assunto. É destacada a ação que o professor exerce, a qual pode inibir ou favorecer a criatividade de seus alunos. São apresentadas algumas sugestões que visam favorecer o desenvolvimento do potencial criador dos estudantes. Finalmente, explana-se sobre aspectos relacionados à criatividade em Matemática.

O segundo capítulo aborda a metodologia utilizada para a pesquisa. É apresentada a problemática e justifica-se a opção pela pesquisa metaanalítica. São tratados os critérios de seleção para escolha dos trabalhos acadêmicos e mencionadas as dissertações escolhidas. São elencados aspectos fundamentais de criatividade, abordados no capítulo I, e, a partir disso, formulados quadros que contém os descritores que possibilitam conduzir as análises para esses aspectos nos trabalhos de Modelagem selecionados. Apresentam-se também as descrições dos trabalhos de Modelagem Matemática que constam nas quatro dissertações escolhidas. Com base nos descritores formulados, são feitas análises em cada descrição. Identifica-se nas descrições o que pode caracterizar criatividade e procura-se justificar cada aspecto levantado.

O trabalho é finalizado com as considerações sobre as análises feitas no segundo capítulo. Retorna-se aos objetivos e questões de pesquisa, procurando evidenciar o atendimento dos objetivos e as respostas às questões levantadas. E, por fim, é elaborado um quadro síntese sobre a relação entre criatividade e Modelagem Matemática e explicitam-se as contribuições desta pesquisa para o processo ensino-aprendizagem de Matemática e as perspectivas de continuidade do trabalho.

CAPÍTULO I

ENSINO DA MATEMÁTICA, MODELAGEM E CRIATIVIDADE

1.1 ENSINO DA MATEMÁTICA

A forma de conceber a Educação Matemática traz também implicações para a forma de conceber o ensino e aprendizagem da Matemática. Alguns estudos de Schliemann, Carraher e Carraher (1998) salientam que “a aprendizagem de matemática na sala de aula é um momento de interação entre a matemática organizada pela comunidade científica, ou seja, a matemática formal, e a matemática como atividade humana, [...] porque o que interessa nessa situação é a aprendizagem do aluno” (p. 12).

Com isso, depreende-se que a matemática escolar deve se constituir num momento de interação entre a Matemática científica e a Matemática do cotidiano dos estudantes.

Delval (1998) também vem corroborar com esse ponto de vista. Para o autor, a escola deveria partir dos problemas suscitados pelo estudante, capacitando-se para oferecer soluções que tenham significados para ele. O autor exemplifica falando de alunos que têm dificuldades no aprendizado escolar de Matemática, mas que se mostram capazes de, em situações do cotidiano, fazer complexos cálculos exigidos pelas atividades que desempenham.

Skovsmose (2007, p. 60) cita que “a aprendizagem pode estar associada com escolas, sendo elas um importante lugar para aprender. Mas, muita aprendizagem ocorre fora da escola. A aprendizagem é parte da vida diária. A aprendizagem ocorre em empresas e em locais de trabalho”. Nesse sentido, o autor coloca que é preciso considerar o papel da Educação Matemática como tendo lugar em locais formais e informais.

Outra forma de conceber o processo ensino-aprendizagem é aquele em que o professor se preocupa apenas com a Matemática em si, ao exigir quase que exclusivamente dos alunos a formalização e o rigor matemático¹ e, dessa forma, distancia a Matemática enquanto Ciência da Matemática Escolar. Nessa visão, o professor acaba por adotar uma prática que, conforme Lins (2005), volta-se para aspectos internalistas da Matemática, que é teórica e abstrata, prioriza as estruturas matemáticas e não abre espaço para outros aspectos, é unidimensional. Dessa forma, não tem nenhuma familiaridade com a Matemática do dia-a-dia, o que desencadeia um processo de estranhamento entre essas duas Matemáticas.

Concordamos com Medeiros (2005) quando ela argumenta que a Matemática, da forma que vem sendo trabalhada em sala de aula, traz a idéia do edifício pronto, da obra acabada, na qual a busca das soluções não é vivida com o aluno, sob o peso de uma aparente clareza da exposição lógica e organização de seus termos. A autora complementa expondo que:

A tão citada clareza da Matemática é aparente porque, do ponto de vista psicológico, ela pode ser evidente para quem a constrói, mas não para quem apenas acompanha a exposição do raciocínio alheio. A clareza não é imediata sem um trabalho pessoal do aluno, sem o exercício sistemático do pensar (p.19).

O aluno não participará da construção do conhecimento matemático se o professor apenas expuser os conteúdos de forma impessoal e sem contextualização. Em muitos casos, os alunos não conseguem acompanhar o raciocínio do professor e isso pode causar desinteresse pela Matemática, indisciplina durante as aulas, baixa estima dos estudantes, desistência, entre outras conseqüências. E surgem sentimentos do tipo: “nunca conseguirei

¹ Não quero menosprezar a formalidade e o rigor matemático. Concordo que esses devem ser apresentados aos estudantes, mas não exigido de maneira inflexível. Um exemplo seria descontar pontos em uma avaliação pelo fato do aluno não ter colocado adequadamente um símbolo de igualdade. O professor deve analisar outros aspectos e acompanhar o raciocínio do aluno. O papel do professor é ajudar a corrigir equívocos de maneira a potencializar a aprendizagem dos seus alunos.

entender Matemática”, “não sou inteligente o suficiente para isso”, “a Matemática é muito difícil, e é para poucos”, que são comuns entre os estudantes.

No ensino da Matemática é comum observar aulas em que o aluno não é convidado a questionar e refletir sobre o conteúdo que é trabalhado. O professor se limita a explicar o conteúdo, mostrar alguns exemplos e solicitar aos alunos que resolvam longas e repetitivas listas de exercícios que, em muitos casos, mudam apenas os números. Esse tipo de atividade pode inibir o desenvolvimento da autonomia, de uma visão mais crítica e, em consequência, a criatividade dos alunos, bem como, pode contribuir para a apatia e o desinteresse com relação à Matemática já que, dificilmente, têm oportunidade de refletir ou questionar.

É possível que o indivíduo se limite a aprender enunciados de maneira mecânica (o que representa apenas uma atividade motora de nível muito elementar), sem uma construção pessoal e sem que os conceitos a que esses enunciados se referem tenham ligação com outras idéias espontâneas do sujeito. (DELVAL, 1998, p. 157)

Assim, concordamos com Delval, quando explicita que:

O sujeito pode repetir uma fórmula, uma lei ou um conceito em toda sua exatidão e não ser capaz de entender absolutamente nada de seu significado. Esse tipo de aprendizado terá pouquíssima utilidade, porque o sujeito não será capaz de aplicá-lo a situações reais fora da escola e das situações de prova. O indivíduo que desenvolve a capacidade de pensar e de encontrar soluções para os problemas é aquele que realmente aprende a aprender e que pode buscar seus próprios conhecimentos. (DELVAL, 1998, p. 163)

Por outro lado, um professor que orienta a sua prática pedagógica, em uma visão de Educação Matemática alicerçada não somente pela Matemática, mas pelas diversas áreas citadas anteriormente, promove uma formação mais abrangente para o estudante. Torna-o mais reflexivo, capaz de perceber uma situação sob várias perspectivas, mais crítico e, dessa forma, capacita-o a agir ativamente na sociedade e contribuir para o desenvolvimento dessa mesma sociedade.

Com essa visão de prática em sala de aula, o professor proporcionará um ensino diferenciado, preocupando-se com a formação do estudante como cidadão consciente e participante. Adotará práticas de respeito ao educando, respeito aos conhecimentos que ele possui, às suas experiências de vida, às suas dúvidas e questionamentos, às suas opiniões e vontades, sempre em uma perspectiva crítica.

Nas aulas de Matemática, o professor dará oportunidade e tempo para os alunos pensarem e discutirem soluções para determinados problemas. Intervirá quando necessário e de maneira positiva, ao fazer comentários que os levem a refletir e a pensar de maneira diferente. Por agir dessa forma, o professor criará um clima de confiança e respeito em sala de aula, ajudará os alunos a terem mais interesse e autoconfiança em Matemática. Em consequência disso, o professor pode contribuir para o desenvolvimento do potencial criativo de seus alunos, que é um dos focos desta dissertação e que será aprofundado no capítulo que trata da criatividade.

1.2 CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO MATEMÁTICO

A Educação Matemática, constituída por diversas áreas do conhecimento, considera todos os fatores que são importantes para um desenvolvimento individual e social do estudante. Nesse sentido, ela tende a colocar a Matemática a serviço da Educação, ou seja, a Matemática como um meio de inserção social, servindo de instrumento para exercer a cidadania de maneira plena. Isso vai ao encontro de uma das propostas contidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais que “a compreensão da Matemática é essencial para o cidadão agir como consumidor prudente ou tomar decisões em sua vida pessoal e profissional” (BRASIL 1999, p. 80). Dessa forma, abordaremos neste item a construção do conhecimento matemático do educando de acordo com o que pressupõe a Educação Matemática.

Uma visão que melhor explicaria a construção do conhecimento matemático, por parte dos estudantes, é o construtivismo denominado piagetiano, inspirado na teoria de Jean Piaget. Segundo Monereo (1998), nesse tipo de construtivismo “o mecanismo que favorece a construção, a assimilação-acomodação de esquemas cognitivos, é individual, e os métodos instrucionais que podem beneficiar a ação desse mecanismo são a exploração e o descobrimento do entorno físico” (p. 38).

Chiarottino (1980) destaca que, na teoria de Piaget, um esquema é aquilo que é generalizável numa determinada ação. A autora salienta que a construção de esquemas se explicaria pelo processo de adaptação, com seus dois pólos complementares: assimilação e acomodação. A assimilação consiste em uma incorporação dos objetos aos esquemas de ação do sujeito. Os esquemas são passíveis de modificação, e essa modificação é chamada de acomodação dos esquemas. Dessa forma, “a aprendizagem implica em qualquer situação, uma estruturação no sentido de uma assimilação do dado aos esquemas ou às estruturas mentais, ou seja, à uma atividade dos sujeitos” (p. 94).

Ainda para a autora, a inteligência “se constrói a partir da troca do organismo com o meio através das ações do indivíduo. Isso significa que a ação é o centro do processo e que o fator social ou educativo se constitui numa condição do desenvolvimento” (p. 95). Ainda, nessa mesma perspectiva, Delval (1998) explicita que os sujeitos fazem um trabalho pessoal e criativo na construção do conhecimento e, portanto, sua aprendizagem está longe de ser uma mera repetição do que lhes é transmitido.

A fim de complementar o dito anterior destaca-se que

[...] uma situação de aprendizagem é tanto mais produtiva quanto o sujeito é ativo (ser ativo cognitivamente não se reduz, bem entendido, a uma manipulação qualquer; pode haver atividade mental sem manipulação, assim como haver passividade com manipulação) e que ela lhe fornece a ocasião de encontros possíveis mais apropriados em função do nível de seus esquemas com o real físico e com um interlocutor (INHELDER, 1977 apud BECKER, 1993, p. 26).

Delval (2001, p. 79) assinala que “o construtivismo é uma posição epistemológica e psicológica e que não se trata de uma concepção educacional [...]. O construtivismo explica como se formam os conhecimentos, enquanto a educação é uma prática social que busca formar indivíduos que possam desenvolver-se e adaptar-se à sociedade que lhes coube viver”. O autor salienta ainda que:

[...] o construtivismo ajuda-nos a entender o que acontece no interior do sujeito quando elabora novos conhecimentos. Por isso, pode ser uma teoria útil para explicar os efeitos que as práticas educacionais têm, mas não pode prescrever de nenhuma maneira o que se deve fazer, o que depende de ocasiões sociais. Pode ajudar-nos a compreender por que os sujeitos não entendem algumas coisas ou entendem de maneira diferente de como tentamos ensiná-las. O que propõe é que o sujeito precisa construir seus conhecimentos e que não podemos dá-los já construídos (p.79).

Com base nessas reflexões do ensino da Matemática na perspectiva da Educação Matemática assumida, com vistas à construção do conhecimento matemático por parte do aluno é que apresentamos a Modelagem Matemática, como uma metodologia para o ensino da Matemática.

1.3 MODELAGEM MATEMÁTICA

Sabe-se que a Matemática está presente em muitas situações do dia-a-dia, como por exemplo, num planejamento financeiro familiar, em compras num supermercado, no ato de cozinhar, entre outros. Skovsmose (2007, p. 213) ressalta que “não podemos pensar sobre nós mesmos como seres sociais, sem operar com matemática”. Porém, o autor argumenta que “a tradição matemática escolar nos impede de ver a matemática em operação em situações do cotidiano, apenas porque não há tanta matemática escolar nessas situações. Nenhuma simples equação é resolvida”. Assim, é comum ver muitas pessoas que não percebem a Matemática em seus afazeres diários.

Dessa forma, expomos dois fatores importantes a observar no ensino da Matemática, citados por Lins (2005): 1º) o distanciamento entre a Matemática da sala de aula e a que está presente na vida das pessoas e; 2º) a aprendizagem da Matemática seguida de suas aplicações.

A preocupação de Lins (2005) com o distanciamento entre a Matemática escolar e a do cotidiano se constitui em preocupação dos educadores matemáticos faz alguns anos. Essa preocupação manifestada tem ensejado estudos e pesquisas em relação a metodologias para o ensino da Matemática. Entre as várias tendências metodológicas surgidas a partir dessa preocupação destaca-se, entre outras, a Modelagem Matemática.

Neste trabalho, a Modelagem Matemática é entendida como uma metodologia para o ensino da Matemática que vem dar significado à Matemática escolar e à do cotidiano dos alunos. E, ainda, os conteúdos matemáticos abordados surgem das necessidades de resolução das situações decorrentes do desenvolvimento da atividade.

Serão expostos os autores que abordam a Modelagem² em uma perspectiva voltada para a Educação Básica. De acordo com Klüber (2007), são eles: Burak, Barbosa e Caldeira.

Klüber (2007) salienta que a Modelagem Matemática, nas concepções de Barbosa, Burak e Caldeira, tende a romper com uma visão de cunho positivista encontrada de maneira mais acentuada em outros autores. Isso porque se volta “para aspectos qualitativos, como a multiplicidade de respostas, as expectativas e valores dos sujeitos (axiologia)” (p.102).

Assim sendo, Burak (1992, p. 62) define a Modelagem Matemática como “um conjunto de procedimentos cujo objetivo é construir um paralelo para tentar explicar,

² Usaremos Modelagem para designar Modelagem Matemática

matematicamente, os fenômenos presentes no cotidiano do ser humano, ajudando-o a fazer previsões e a tomar decisões”.

Na visão de Burak, dois princípios são importantes para Modelagem: 1) que o tema trabalhado parta do interesse dos estudantes e; 2) que os dados coletados sejam provenientes do ambiente em que se localiza o interesse do grupo ou dos grupos. Esses princípios têm suas raízes nas Ciências Humanas e Sociais, principalmente pela influência do método etnográfico. E, nessa forma de conceber, aceita a pluralidade de respostas e os diferentes encaminhamentos que possam surgir no decorrer do processo.

Para Barbosa (2004, p. 3), a Modelagem Matemática “é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a problematizar e investigar, por meio da matemática, situações com referência na realidade”. Dessa forma, o autor associa o ambiente de Modelagem com problematização e investigação. O primeiro refere-se ao ato de criar perguntas e/ou problemas e, o segundo, à busca, seleção, organização e manipulação de informações e reflexão sobre elas. As atividades não são separadas, mas articuladas no processo de envolvimento dos alunos. Nela, podem-se levantar questões e realizar investigações que atingem o âmbito do conhecimento reflexivo.

O professor pode ajudar o aluno perceber a importância da Matemática na sua vida, na sociedade, e não encará-la como algo fora de seu contexto, que nunca conseguirá entender. Cabe ao professor a tarefa de criar um ambiente propício para aprendizagem em Matemática. Sobre isso, Skovsmose (2007, p. 203) salienta que “ensinar matemática significa oferecer o melhor ambiente possível para essas construções (aqui ambiente deve ser tomado amplamente, incluindo, também, as práticas comunicativas entre professor e estudantes e todos os outros aspectos relevantes que possam facilitar construções)”.

Caldeira (2004) argumenta que o foco central da Modelagem está na pesquisa. Para o autor, “os alunos serão os pesquisadores matemáticos, eles buscarão os problemas

para pesquisarem, e estes poderão vir de situações reais (de fato, os problemas devem vir dessas situações)” (p. 3). Assim, neste processo a curiosidade e o desafio servem de motivação para aprender Matemática.

Observa-se nas visões de Barbosa, Burak e Caldeira, que a Modelagem Matemática centra-se na pesquisa, na investigação e na descoberta. Assim, é possível afirmar que a aplicação da Modelagem em sala de aula, de acordo com a visão desses autores, sugere uma atividade heurística, isto é, não se tem de antemão um caminho pré-estabelecido a ser seguido. Nesse caso, é necessário que o grupo, o professor junto com os estudantes, esteja disposto a pesquisar, com a adoção de uma postura investigativa e de descobertas.

Nas pesquisas de Educação Matemática, outros autores, que não somente da linha de Modelagem Matemática, chamam a atenção para importância da investigação e aprendizagem em Matemática. Dentre esses autores, salientamos Braumann citado por Ponte, Brocardo e Oliveira (2006, p. 19), os quais inferem que:

Aprender Matemática não é simplesmente compreender a Matemática já feita, mas ser capaz de fazer investigação de natureza matemática (ao nível adequado a cada grau de ensino). Só assim se pode verdadeiramente perceber o que é a Matemática e sua utilidade na compreensão do mundo e na intervenção sobre o mundo. Só assim se pode realmente dominar os conhecimentos adquiridos. Só assim se pode ser inundado pela paixão “detetivesca” indispensável à verdadeira fruição da Matemática. Aprender Matemática sem forte intervenção da sua faceta investigativa é como tentar aprender a andar de bicicleta vendo os outros andar e recebendo informação sobre como o conseguem. Isso não chega. Para verdadeiramente aprender é preciso montar a bicicleta e andar, fazendo erros e aprendendo com eles.

Barbosa (2004) enfatiza que, apesar das situações terem origem em outros campos que não a Matemática, os alunos são convidados a usarem idéias, conceitos, algoritmos da Matemática para abordá-las. Além de aplicarem conhecimentos já adquiridos. Assim, a Modelagem torna-se uma oportunidade para os alunos indagarem situações por meio da Matemática sem procedimentos fixados e com possibilidades diversas de encaminhamento.

Dessa forma, “os conceitos e idéias matemáticas exploradas dependem do encaminhamento que só se sabe à medida que os alunos desenvolvem a atividade” (BARBOSA, 2001, p. 5).

Percebe-se com isso que a Modelagem tem uma natureza “aberta” e, para Barbosa (2001), isso impossibilita garantir a presença de um modelo matemático propriamente dito na abordagem dos alunos. Eles podem desenvolver encaminhamentos que não passem pela construção de um modelo matemático. Caldeira (2007) também explicita que não é necessária a presença de um modelo do objeto no final do processo, pois o objetivo principal não é chegar ao modelo. Para o autor, “o que importa é o processo que o professor e estudante percorrem para alcançar uma situação de tomada de decisão ou compreensão do objeto estudado, claro, fazendo uso da matemática” (p. 83).

Burak (2004) propõe etapas que se constituem em encaminhamentos para fins didáticos:

- 1) escolha do tema: os estudantes podem sugerir temas de seu interesse, que tenham curiosidade, ou ainda, alguma situação-problema da escola, da comunidade em que vivem, entre outros;

- 2) pesquisa exploratória: nessa etapa o grupo deverá coletar dados e outras informações necessárias para o desenvolvimento do trabalho, aprofundando-se sobre o tema escolhido;

- 3) levantamento dos problemas: com as informações obtidas na etapa anterior, o grupo formulará os problemas, de acordo com seus interesses;

- 4) resolução do problema e desenvolvimento da matemática relacionada ao tema: para resolver os problemas levantados serão necessários conteúdos matemáticos, assim o professor ajudará os alunos a rever conceitos e conteúdos estudados anteriormente ou construir novos conteúdos;

5) análise crítica das soluções: a última etapa visa à análise crítica das soluções encontradas. Os estudantes poderão confrontar os resultados obtidos com a realidade e verificar se existe coerência com o que foi estudado e, neste caso, o professor tem a oportunidade de discutir e aprofundar-se acerca das estruturas internas da Matemática.

Na perspectiva proposta por Burak (2004), o professor compartilha o processo de ensino e, na medida em que faz isso, os educandos também se tornam co-responsáveis por sua aprendizagem.

A partir do que foi abordado sobre Modelagem Matemática, compreende-se a consonância com a Educação Matemática, preocupada não somente com a Matemática mas com outros ramos do conhecimento, que visam a formação intelectual, social e cultural do estudante. Assim teremos, de acordo com Caldeira (2004), uma aprendizagem da Matemática partindo da realidade do aluno contextualizado sócio e culturalmente, que proporciona múltiplas alternativas que o levem a desenvolver o pensamento lógico, a criatividade, a aprender os conceitos e a construir estruturas matemáticas, enfatizando não só o conceito matemático, mas usando-os na compreensão da dinâmica da realidade social, histórica e cultural. Para o autor:

A interação dos conhecimentos adquiridos pelos alunos em sua vivência, em consonância com a ação educativa da escola, num processo contínuo e dinâmico de elaborar e sistematizar e, acompanhada da discussão das implicações sociais, proporcionarão aos alunos as condições para a sua atuação crítica no dia-a-dia. (p. 1)

Como se pode notar pelos trabalhos de Barbosa (2001 e 2004), Burak (1992, 1998 e 2004) e Caldeira (2004 e 2007), essa perspectiva adotada pode favorecer, intuitivamente, a criatividade. Por isso, o estudo sobre a criatividade ganha relevância nesta dissertação.

1.4 CRIATIVIDADE

Estimular a criatividade envolve não apenas estimular o indivíduo, mas também afetar seu ambiente social e as pessoas que nele vivem. Se aqueles que circundam o indivíduo não valorizam a criatividade, não oferecem o ambiente de apoio necessário, não aceitam o trabalho criativo quando este é apresentado, então é possível que os esforços criativos do indivíduo encontrem obstáculos sérios, senão intransponíveis. (STEIN, 1974 apud ALENCAR; GALVÃO, 2007, p. 109)

A criatividade é uma expressão bastante usada em diferentes contextos: na família, na escola, no local de trabalho, entre outros. Sabe-se de sua importância na vida de qualquer pessoa. Em nosso cotidiano, ter atitudes criativas frente às diversas situações pode fazer a diferença. No trabalho, na escola, ou em qualquer outro ambiente, podemos usar da criatividade para resolver problemas e propor novas idéias. Csikszentmihalyi (1988, 1999), citado por Fleith (2005), sugere que a questão mais importante em criatividade é ‘onde está a criatividade’ e não ‘o que é a criatividade’.

Virgolim (2007) descreve que os pesquisadores do assunto concordam que a criatividade é de difícil definição. Segundo a autora as pesquisas sobre o assunto têm focado as seguintes categorias: (a) **a pessoa** refere-se às características cognitivas, qualidades emocionais e de personalidade, experiências ao longo da vida; (b) **o produto** avalia-se se este é novo, tem valor e utilidade social e causa impacto; (c) **o processo**, diz respeito às etapas do desenvolvimento de um produto criativo e; (d) **o ambiente**, elementos ambientais envolvidos na promoção ou inibição de habilidades criativas, como fatores de ordem física, social, cultural, etc. (FELDHUSEN e GOH, 1995 apud GONTIJO, 2007).

Halpern (1996), citado por Virgolim (2007, p. 22), acentua que “a criatividade não é uma característica única que as pessoas têm ou não têm, mas um conjunto de processos que acontecem em um contexto, envolvendo novidade em pelo menos um dos processos que conduzem a resultados criativos”. Já Amabile (1996), citada pela mesma autora,

salienta que a definição conceitual de criatividade envolve dois elementos: 1º) que a resposta ou produto seja algo novo, valioso, correto e útil para tarefa em questão e, 2º) a tarefa deve ser heurística e não algorítmica; esta é quando o caminho para solução está claro e bem estabelecido. Já a heurística é quando não se tem um caminho de solução claro e prontamente identificável, os algoritmos devem ser desenvolvidos. Segundo Alencar e Fleith (2003) é importante ressaltar aspectos como a originalidade e adequação de respostas, ou seja, a tarefa deve possibilitar vários caminhos para solução dos problemas.

Torrance (1976) define pensamento criativo como o processo de perceber lacunas ou elementos faltantes perturbadores, formar idéias ou hipóteses a respeito deles, testar essas hipóteses e comunicar os resultados, possivelmente modificando e retestando as hipóteses. Conceitos como curiosidade, imaginação, descoberta, inovação e invenção são proeminentes nas discussões sobre significado de criatividade.

Nessa perspectiva é necessário destacar o que Torrance (1976) chama de capacidades envolvidas no pensamento criativo. Essas capacidades dizem respeito a tomar consciência de problemas, pensar possíveis soluções e submetê-las a prova. Se essas capacidades permanecem não desenvolvidas ou são paralisadas, a possibilidade de alguém enfrentar problemas da vida torna-se, também, limitada. Assim, para o autor, é possível afirmar que a criatividade de uma pessoa é um valioso recurso para enfrentar as situações distintas na vida cotidiana.

A criatividade é percebida por Urban e Jellen (1996), citados por Virgolim (2007, p. 24), como um “processo não linear, multidimensional, que acontece parcial e simultaneamente, dependente de variáveis de personalidade, como a motivação, assim como de condições ambientais, tais como recursos materiais e obstáculos sociais”. Dessa forma, o estudo de criatividade deve pautar-se no indivíduo, no seu trabalho e nos fatores

ambientais e sociais em que estão inseridos. Assim, esta pesquisa destaca aspectos internos e externos ao indivíduo, que podem ser facilitadores ou inibidores da criatividade.

Segundo Lima (1998), a criatividade está ligada ao desenvolvimento cognitivo. Para o autor, deve-se conciliar o diretivismo e o espontaneísmo. O primeiro refere-se aos dados objetivos do desenvolvimento cognitivo (níveis, fases de desenvolvimento) e o segundo refere-se à liberdade de escolha da solução. O resultado é invenção ou descoberta, que para Lima pode ser original ou reproduzida, mas sempre autêntica do ponto de vista do educando. Entende-se que a construção do conhecimento dá-se pela interação do sujeito com o objeto. De forma análoga, entendemos que o desenvolvimento da criatividade é possível por meio da participação ativa do indivíduo interagindo com a situação ou problema.

O ambiente também exerce papel fundamental nesse desenvolvimento. Amabile (2001), citada por Fleith e Alencar (2005, p. 2), salienta a importância de um “ambiente social que favoreça o desenvolvimento de motivações, atitudes e habilidades e que crie oportunidades de aprendizagem criativa e envolvimento com tarefas desafiadoras”. Nesse sentido, compreendemos que a criatividade, assim como a construção do conhecimento, se dá na interação que o sujeito estabelece com o seu ambiente.

Em concordância com o dito anterior, Alencar (2002) enumera três aspectos fundamentais para o desenvolvimento da criatividade. O primeiro refere-se às características próprias do indivíduo, o segundo às características do ambiente social e o terceiro diz respeito ao uso de técnicas para estimular a criatividade:

1) preparação do indivíduo: entendida como a bagagem de conhecimento que o indivíduo possui, sua dedicação, esforço, envolvimento com o trabalho e, ainda, a persistência nas ações que deseja desenvolver. Segundo D’Ambrósio (2005), indivíduos se destacam entre seus pares e atingem seu potencial de criatividade porque conhecem;

2) características do ambiente social: caracteriza-se como um ambiente que favorece o indivíduo no uso de sua criatividade, um ambiente em que ele encontre apoio ou, ao menos, respeito para com suas idéias, para que não seja alvo de críticas destrutivas que possam bloquear a criatividade;

3) técnicas adequadas: considera-se técnicas adequadas aquela que podem contribuir para o desenvolvimento da criatividade, um exemplo é a técnica *Brainstorm* (tempestade de idéias).

Nas últimas décadas observa-se que vêm ocorrendo rápidas mudanças, tais como tecnológicas, ambientais, entre outras, as quais, muitas vezes, são imprevisíveis. Assim, apenas a aquisição de conhecimento pode tornar-se insuficiente ou inadequada para fazer frente às necessidades tanto cotidianas como outras.

Por isso, faz-se necessário o desenvolvimento e a aquisição de outros componentes que, neste trabalho, estão dirigidos para a criatividade que permite, inclusive, mobilizar de diferentes maneiras os conhecimentos adquiridos. Entendemos ainda que a escola e, mais particularmente, a sala de aula, além de ser um espaço de socialização e produção do conhecimento, pode tornar-se efetivamente um ambiente propício ao desenvolvimento da criatividade. Com isso, de acordo com Alencar (2002), o ensino terá novos desafios, pois, além de ensinar, é preciso preparar o educando para questionar, refletir, mudar e criar. Já que, para a autora, os indivíduos que fazem uso de suas habilidades criativas, buscando a melhor solução dentre outras soluções para determinado problema, acabam por se destacar entre os demais.

O dito anterior vem ao encontro do proposto pelos Parâmetros Curriculares Nacionais pois “o aluno deve se sentir desafiado pelo jogo do conhecimento. Deve adquirir espírito de pesquisa e desenvolver a capacidade de raciocínio e autonomia” (BRASIL, 2002, p. 267). Desafio, espírito de pesquisa, capacidade de raciocínio e autonomia são

conceitos que estão diretamente relacionados com a criatividade, como mostraremos no decorrer do texto, além de serem aspectos que extrapolam a produção e a construção do conhecimento e, não menos importantes em se tratando da formação integral do educando. Assim, pode-se afirmar que desenvolver o potencial criativo dos estudantes é um dos objetivos do ensino e o professor deve perseguir esse objetivo.

1.4.1 CARACTERÍSTICAS DO PENSAMENTO CRIATIVO

As características do pensamento criativo têm em Guilford (1950, 1975) seu principal referencial. Esse autor, citado por autores como Alencar (2002), Torre (2005) e Virgolim (2007), em seu Modelo de Inteligência, sugere pelo menos oito habilidades que estariam na base da criatividade: sensibilidade a problemas, fluência, flexibilidade, elaboração, complexidade, redefinição e avaliação.

A **sensibilidade a problemas** é a habilidade de ver problemas “onde” outros não vêem; a **fluência** é a abundância ou quantidade de idéias diferentes sobre o mesmo assunto; a **flexibilidade** é a capacidade de alterar o pensamento ou conceber diferentes tipos de respostas; a **originalidade** é a capacidade de produzir idéias incomuns; a **elaboração** é a quantidade de detalhes presentes em uma idéia; a **complexidade** refere-se ao número de idéias inter-relacionadas que o indivíduo pode manipular de uma só vez; a **redefinição** é a habilidade de efetuar mudanças na informação; e a **avaliação** é o processo de decisão, julgamento e seleção de uma ou mais idéias dentre um grupo maior de idéias. Essas habilidades referem-se ao pensamento divergente, ou seja, a capacidade de gerar novas respostas com encaminhamentos diferentes dos usuais. Este tipo de pensamento opõe-se ao pensamento convergente que se resume apenas em reproduzir um conteúdo com a possibilidade de uma única resposta correta.

O pensamento convergente faz-se muito presente no ensino, em particular da Matemática. Na resolução de problemas matemáticos, o professor ensina aos alunos uma maneira de abordar tais problemas e eles acabam por reproduzir o algoritmo que lhes foi ensinado, sem procurar outras formas de resolução. Isso pode ser um inibidor da criatividade dos estudantes, por isso é necessária uma postura em que o professor incentive-os a terem também pensamentos divergentes.

Um aspecto fundamental para o processo criativo é a quantidade de informações que o indivíduo possui sobre determinada área. Quanto maior o conhecimento, maior será a riqueza e, a qualidade de informações que poderá sugerir. Alencar (2002) ressalta a importância de dar condições ao indivíduo para expandir seu campo de conhecimento, as suas experiências, estimulando o seu desejo de conhecer.

Boden (1999, p. 102) destaca a importância das analogias no processo criativo, ela afirma que “a maioria dos movimentos criativos na ciência inclui o reconhecimento de uma nova analogia entre campos anteriormente não relacionados”. Para Tschimmel (2003), trata-se de um processo mental de associação de idéias, que permite estabelecer relações novas, incomuns entre objetos e situações. Para a autora, alguém que produz muitas analogias desenvolve uma grande capacidade em encontrar soluções inovadoras.

Outro fator importante a que pesquisadores têm dado bastante atenção, é a análise da personalidade de indivíduos que se destacaram por produções criativas em diversas áreas. Alencar (2002) aponta traços de personalidade de tais indivíduos: a autonomia (independência); a flexibilidade pessoal e a abertura à experiência, isso implica também tolerância à ambigüidade e habilidade de receber informações conflitantes; a autoconfiança, iniciativa e persistência; sensibilidade, espontaneidade e intuição; sensibilidade emocional e a bagagem de conhecimento, que também é fundamental.

A criatividade exige tanto sensibilidade quanto independência. Em nossa cultura, sensibilidade é definida como uma virtude feminina, enquanto independência é um valor masculino. Torrance destaca que em seus estudos são observados exemplos de crianças que sacrificam sua criatividade a fim de manter sua “masculinidade” ou “feminilidade” (TORRANCE, 1976).

Um aspecto determinante para o processo criativo é a forma como o indivíduo enfrenta situações. Exemplo disso é quando um indivíduo se dispõe a estar diante de situações novas e imprevisíveis e também quando existe a disposição de enfrentar obstáculos e superá-los. Os testes, realizados por Torrance (1976), voltaram-se para isso. Ele observou em estudantes criativos, uma pessoa que encontra prazer em vencer obstáculos. Observou ainda que eles tinham necessidade de provar seu valor pessoal e apresentar suas idéias. Outra característica marcante na vida desses indivíduos notáveis é sua capacidade de enfrentar fracassos e frustrações.

Dessa forma, é importante observar os traços de personalidade de tal forma que o indivíduo faça pleno uso de suas habilidades criativas. Alencar (2002), valendo-se de Von Oech (1986), apresenta uma descrição de tais traços. Von Oech sugere o aprimoramento de habilidades distintas relativas a quatro papéis:

Explorador de idéias - Muitas vezes, diante de um problema a resposta não aparece de imediato. Um bom explorador de idéias busca por novos fatos e informações, adquirindo e utilizando a bagagem de conhecimentos em busca de novas respostas. Deve aventurar-se por vários caminhos não trilhados e desconhecidos, prestando atenção em detalhes que possam conter pistas para chegar à solução.

Artista de idéias - Em várias situações, para encontrar a solução, é necessária a transformação de informações disponíveis, fazendo adaptações e alterações, acrescentando o que estiver faltando, eliminando o que estiver sobrando.

Juiz de idéias - Esse papel deve ser desempenhado numa etapa mais avançada do processo de buscar soluções criativas. É a etapa de avaliar e julgar as múltiplas idéias já produzidas, antes de decidir pela que se considera melhor.

Guerreiro - Muitas são as barreiras que dificultam o desenvolvimento da criatividade tendo em vista que a mudança e a inovação são vistas como ameaçadoras. Tem sido regra em muitos contextos, seja na escola, no lar ou outros lugares, a rejeição às novas idéias. Portanto, para que uma idéia não “morra” é necessário lutar por ela e não se deixar vencer pelos obstáculos, que são refletidos com frequência nos comentários que a sociedade faz para matar uma idéia.

Apresentadas nesta seção as características da criatividade, passaremos agora a tratar dos fatores que podem inibir o seu desenvolvimento.

1.4.2 INIBIDORES DA CRIATIVIDADE

Existem diversos fatores que podem inibir o desenvolvimento da criatividade. Trataremos a seguir aspectos que podem se constituir em barreiras internas e externas ao indivíduo. Também serão descritas algumas dificuldades enfrentadas por professores no sentido de favorecer o desenvolvimento da criatividade dos educandos.

Alencar (2002) aponta alguns conceitos errôneos sobre a criatividade: 1) acreditar que a criatividade é um dom que poucos indivíduos possuem; 2) que consiste numa inspiração; 3) que depende apenas de características do próprio indivíduo; 4) que é uma questão de tudo ou nada, ou seja, alguns são criativos e outros não; 5) que se manifesta apenas nos trabalhos e produções dos grandes talentos artísticos e nas novas propostas de inventores e cientistas.

Essas crenças em relação à criatividade, citadas pela autora, podem constituir-se inibidores do desenvolvimento da criatividade dos estudantes. O professor deve sempre procurar desmitificar aqueles tipos de conceitos e mostrar que o potencial criativo não está fora do alcance deles.

Outro aspecto a ser considerado é a valorização do trabalho criativo. Boden (1999, p. 82-83) argumenta que “as combinações originais precisam ter algum tipo de valor, pois chamar uma idéia de criativa é dizer que ela não é apenas nova, mas interessante”. A autora destaca ainda que julgamentos de valor, na maioria dos casos, são relacionados à cultura, pois o que está sendo valorizado por uma pessoa ou grupo social pode ou não ser valorizado, elogiado, preservado ou promovido por outro.

No contexto educacional podem ocorrer casos em que o professor não valoriza as idéias criativas dos alunos, chegando até a menosprezá-las. Um dos motivos dessas atitudes é que, segundo Alencar (2002), os professores estão preocupados e pressionados a transmitir o conteúdo curricular e não encontram o tempo necessário para ouvir as indagações de seus alunos, para aproveitar suas idéias e valorizar seus pontos de vista. Dessa forma, os alunos acabam por perceber que comportamentos que levam à exploração e à descoberta não são muito bem aceitos por seus professores, mas sim comportamentos que levam ao reprodutivismo, que gera o conformismo e a passividade. Isso pode contribuir para formação de barreiras internas à expressão criativa e para uma visão limitada dos próprios recursos e habilidades. Essas barreiras são construídas no decorrer da vida escolar e adulta.

Dentre as barreiras internas, que dificultam o aprimoramento de habilidades, Alencar (2002) salienta algumas: apatia, que pode ser traduzida por uma descrença ou desinteresse de aproveitar as próprias idéias; a insegurança; o medo de parecer ridículo ou ter sua idéia alvo de deboches ou críticas; o medo do fracasso; os sentimentos de

inferioridade, ou seja, o indivíduo cultiva o hábito de se perceber em termos negativos, como incompetente e incapaz, sentimento muitas vezes reforçado no ambiente em que vive; e o autoconceito negativo. Na sala de aula é possível observar estudantes que apresentam barreiras emocionais. Nas aulas de Matemática muitos estudantes não conseguem compreender os conteúdos por já possuírem um pré-conceito com relação à disciplina.

É importante considerar o autoconceito positivo que, segundo Alencar (2002), é um aspecto relevante para o desenvolvimento e aproveitamento do potencial criador. A maneira como cada indivíduo se percebe, as suas crenças e sentimentos a respeito de si mesmo e de suas capacidades, são formadas durante os primeiros anos de vida, sofrendo grande influência de seus primeiros agentes socializadores (pais e professores). O autoconceito afeta a personalidade do indivíduo e pode tanto restringir como favorecer o desenvolvimento de seu potencial.

De acordo com Alencar (2002), cada um faz o que acredita que pode fazer. Assim, caso o indivíduo perceba-se como uma pessoa capaz e competente, procura agir de forma congruente a essa auto-imagem. Se, ao contrário, percebe-se com uma pessoa incapaz, age de forma a corresponder a essa auto-imagem.

Segundo Torrance (1976), é necessário, para o desenvolvimento do autoconceito, assumir riscos. Ele explicita que “uma pessoa não pode saber do que é capaz a menos que teste seus limites. Assumir riscos é também importante na aquisição de aptidões e conhecimentos” (p. 92-93). Crianças e adolescentes, na maioria dos casos, estão dispostos a fazer coisas novas, tentar maneiras diferentes, correr riscos. O que acontece é que, por diversos motivos, pais e professores toham essa característica das crianças e adolescentes.

Ser professor não é uma tarefa fácil, pois, ao mesmo tempo em que é preciso impor limites, é preciso também incentivar os alunos a serem independentes para não se

tornarem pessoas apáticas que não fazem nada por si só. Dessa forma, o bom senso deve ser usado para saber que atitudes tomar perante diferentes situações.

Outra questão importante de ser mencionada é a curiosidade, que está ligada diretamente ao fato de assumir riscos. Torrance (1976, p. 93) ilustra isso de uma maneira muito interessante:

Curiosidade não é bem tratada em nossa sociedade. Ensinamos que “curiosidade matou o gato” e referimo-nos como “mera curiosidade ociosa”. Tem sido minha observação, porém, que o gato curioso testa seus limites com muito cuidado e cautela, e retira-se com a maior rapidez de uma situação perigosa. Tem sido também minha observação que a pessoa curiosa nunca está ociosa. É fato, porém, que na maioria das salas de aulas a criança corre um risco calculado toda vez que faz uma pergunta incomum ou apresenta uma nova idéia pelo medo de ser ridicularizada por seus colegas ou talvez por seu professor.

Dar atenção ao aluno, não ridicularizar suas perguntas e não deixar que os colegas o ridicularizem, incentivar e colocar-se aberto para responder as questões levantadas, são atitudes que o professor deve ter, a fim de que os alunos permaneçam curiosos. Dessa forma, poderá tornar-se uma pessoa que pesquisa e que busca o conhecimento de forma autônoma.

Freire (1996) também defende que os alunos exerçam sua curiosidade, porém com certos limites. Ele argumenta que

[...] o bom clima pedagógico-democrático é o em que o educando vai aprendendo à custa de sua prática mesma que sua curiosidade como sua liberdade deve estar sujeita a limites, mas em permanente exercício. Limites eticamente assumidos por ele. Minha curiosidade não tem o direito de invadir a privacidade do outro e expô-lo aos demais. (p. 95).

Existem também as chamadas barreiras culturais. Alencar (2002) enumera algumas: pressões sociais com relação ao indivíduo que diverge da norma, tendo em vista que o processo de socialização conduz à uniformidade de comportamento; medo do fracasso, já que a pessoa é socializada no sentido de considerar prioridade a busca da segurança, evitando riscos; necessidade de ser aceito, isso é observado em situações nas

quais crianças e adolescentes deixam de demonstrar o que sabem ou propor uma idéia original, por medo de sanções de seus pares ou agentes socializadores; expectativa com relação ao papel sexual, a idéia de que alguns traços de personalidade devem pertencer à pessoa do sexo feminino (por exemplo, espontaneidade, sensibilidade e intuição) e outros ao sexo masculino (como curiosidade e independência) podem limitar o comportamento exploratório e o desenvolvimento em determinadas direções.

Alencar (2002) descreve algumas dificuldades que os professores encontram no sentido de incentivar a criatividade dos alunos e encorajá-los a fazer uso de suas habilidades. São elas: conteúdo e extensão do programa curricular, sobrando pouco tempo ao aluno para explorar novas formas de pensamento; visão tradicional do ensino, cabendo ao professor transmitir as informações, com ajuda do livro-texto, aos alunos; ênfase exagerada na disciplina e bom comportamento do aluno, tendo em vista que, em muitos casos, é desejado pelo professor um aluno obediente e atento, que não questiona, não critica, não sugere novas alternativas e novas abordagens; baixas expectativas do professor com relação ao aluno, ou seja, pouca confiança na capacidade do aluno de ser responsável, independente e criativo.

1.4.3 A CRIATIVIDADE E A EDUCAÇÃO

Como foi mencionado no início do capítulo, o desenvolvimento da criatividade, assim como a construção do conhecimento, dá-se através da interação do sujeito com o ambiente em que está inserido. Dessa forma considera-se o ambiente escolar fundamental para o desenvolvimento do potencial criativo dos estudantes.

Sobre o ensino e a criatividade, Torre (2005, p. 160) ressalta que:

O ensino criativo é de **natureza flexível e adaptativa**, isto é, leva em consideração as condições do contexto e organiza a ação atendendo às limitações e às capacidades dos indivíduos. Um ensino criativo não está no desenvolvimento linear do que foi planejado, mas sim na utilização do plano como ponto de referência e guia. A flexibilidade é uma característica fundamental da criatividade atribuída tanto à pessoa (pessoa flexível) como ao produto (variações ou diversidades de categorias). O método flexível é aquele que se adapta às pessoas e ao contexto.

Tendo em vista a importância da criatividade no âmbito educacional, destaca-se o papel do educador para o seu desenvolvimento. É necessário que o professor leve em conta os fatores referentes à criatividade em sua atuação docente. Primeiramente é importante o conhecimento sobre as características da criatividade, os fatores que favorecem o potencial criativo dos educandos para que então, ao atuar em sala de aula, possa ter uma postura com vistas ao favorecimento da criatividade.

Gardner (1999, p. 151) salienta que

o estudo da criatividade é basicamente interdisciplinar; além de enraizado na psicologia, o estudioso da criatividade deve estar informado sobre epistemologia (a natureza do conhecimento em diferentes campos) e sobre sociologia (os modos pelos quais especialistas em vários campos chegam aos julgamentos).

Destaca-se a importância do educador ter clareza da construção do conhecimento, não ficando apenas em âmbito teórico, mas avançar na compreensão de como essa construção ocorre na prática. Ghedin (2004, p. 60) refere-se à construção do conhecimento como “um processo de significação e de sentido que vamos construindo coletivamente”, e não apenas um “conjunto de informações que vamos acumulando”. O professor deve observar o comportamento dos alunos, se o que aprenderam faz sentido para eles, se eles conseguem relacionar conteúdos, fazer interações, descobrir padrões, entre outros.

Para Gardner (1999, p. 151), “os indivíduos não são criativos (ou são não-criativos) em geral; eles são criativos em campos especiais de realização, e é necessário que adquiram especializações nesses campos antes de poderem executar trabalhos criativos importantes”. A época da escola é o momento de conhecimento e descoberta de si próprio,

de seus talentos, seus gostos, e assim, de fazer a escolha profissional. Nesse sentido destacamos a importância do professor na formação de cidadãos, de pessoas realizadas profissionalmente, que possam vir a contribuir com a sociedade.

Torrance (1976) destaca que a educação em um regime democrático deve ajudar indivíduos a desenvolver plenamente seus talentos. Porém, os educadores não devem esperar receitas prontas para o desenvolvimento da criatividade pois, conforme Alencar (2002), o processo de produção de idéias e de resolução criativa de problemas deve ser vivenciado.

Segundo Torrance (1976), sabe-se há muito tempo que é natural para o homem aprender criativamente. Porém, em âmbito escolar, pensa-se que é mais prático ensinar por autoridade. No caso da Matemática, ao exigir que os alunos façam os exercícios da mesma forma que foi apresentado pelo professor para assim chegar à resposta correta, sem abrir espaço para sugestões e questionamentos, enquadra-se no exemplo de aprender por autoridade. O ensino da Matemática deve ser conduzido de tal forma que as capacidades de pensamento criativo se tornem importantes para construção do conhecimento matemático.

Martindale (1999, p. 165) explicita que “as produções criativas tendem a ocorrer em contextos sociais estruturados e não no isolamento. Uma idéia criativa é em geral definida como original e, em certo sentido, útil ou apropriada para situação em que ocorre”. Assim, nota-se a importância da comunicação em sala de aula para o desenvolvimento da criatividade. A comunicação entre os alunos, o trabalho em grupo, a cooperação, a interação professor-aluno, podem favorecer um “clima” criativo. Torre (2005) destaca que a interação entre discente e docente pode constituir-se em estímulo criativo, essa relação deve ser de confiança mútua, compreensão e clima positivo. O autor afirma ainda que:

Quando existe tensão entre professores e alunos, quando a comunicação se dá em uma direção, quando a frieza da transmissão da informação prevalece sobre a

aprendizagem, estamos nos afastando do ensino criativo. A relação positiva entre as pessoas, pelo contrário, gera compromisso, apoio, superação. Esta é a cara da criatividade que facilita a auto-realização (p. 162).

Ainda sobre a comunicação em sala de aula, Nicola (1999, p. 79) argumenta que é importante “a presença de um professor flexível às inovações, capaz de auxiliar os alunos para um trabalho independente e auto-orientado, bem como de estimular o trabalho em grupo, favorecendo novos conhecimentos”. Ela finaliza afirmando que “ensinar é processo de interação que implica, principalmente, no desenvolvimento de relações professor/aluno e aluno/aluno”.

Quando o educador consegue fazer com que o aprender e o pensar sejam importantes e valiosos, a escola torna-se um lugar desafiador e atrativo para os educandos. O relacionamento criativo exige da parte do professor a disposição de enveredar por caminhos não-trilhados, uma abertura à experiência (TORRANCE, 1976).

Já foi abordado, anteriormente, o autoconceito e foi salientado que autoconceito negativo pode constituir-se numa barreira emocional, de forma a prejudicar o desenvolvimento da criatividade. Sabe-se que os professores têm um papel importante na formação do autoconceito de seus alunos e, conseqüentemente da personalidade de deles. Alencar (2002) afirma que é possível ao professor efetuar mudanças no autoconceito de seus alunos, sejam elas positivas ou negativas. Essas mudanças ocorrem de forma lenta, ao longo do tempo. Atitudes simples fazem a diferença como, por exemplo, chamar o aluno pelo nome, cumprimentá-lo amistosamente, elogiá-lo, tudo isso ajuda a criar um sentimento de valor pessoal.

Uma estratégia muito usada por alguns professores, para controlar estudantes, é fazer com que eles se sintam impotentes, influenciando-os coercivamente. Muitas vezes, privam-lhes de suas defesas a fim de controlarem seu comportamento ou influenciá-los para que adotem certos comportamentos e posturas. Isto é feito de diversas maneiras como

exigir que os alunos sempre apresentem razões para tudo que dizem ou fazem, criar o máximo possível de incertezas, comunicar a idéia de que possuem mais informações sobre o aluno do que ele mesmo (TORRANCE, 1976).

Porém, o professor realizará muito mais explorando forças positivas na personalidade do que explorando fraquezas. Para Torrance (1976, p. 191), “uma das características primárias do relacionamento criativo é a aceitação do pensamento como atividade legítima”. O autor destaca que na escola tem-se a idéia de que se deve manter os alunos ocupados fazendo alguma coisa, deixando-lhes pouco ou nenhum tempo para pensar. Destaca ainda que, no relacionamento criativo, não é necessário que o professor conserve os alunos ocupados falando. Eles podem tolerar períodos de silêncio porque reconhecem que o indivíduo pode estar entregue a seus pensamentos.

Torrance (1976, p. 193, 194) explicita que o professor deve “ser um guia” e não guiar como verbo transitivo no sentido de estímulo-resposta. “Tal papel destruiria a criatividade do relacionamento. Pode-se ser um guia e, ainda assim, permitir que o indivíduo inicie, proponha ou mesmo teste”. É permitido a esse guia expressar opiniões, fazer julgamentos, dar informações.

Alencar (2002) sugere algumas características de um clima que propicie o desenvolvimento da criatividade dos alunos em sala de aula: 1) dar chances aos alunos de levantar questões, elaborar e testar hipóteses, discordar, propor interpretações alternativas, avaliar criticamente fatos, conceitos, princípios, idéias. Respeitar as questões levantadas independentemente de como forem apresentadas; 2) dar tempo aos alunos para pensar e desenvolver suas idéias; 3) criar um ambiente de respeito e aceitação, tal que os alunos possam compartilhar, desenvolver e aprender uns com os outros e com o professor; 4) estimular nos alunos a habilidade de explorar conseqüências para acontecimentos imaginários; 5) encorajar os alunos a refletir sobre o que eles gostariam de conhecer

melhor; 6) incentivar nos alunos a habilidade de pensar em possibilidades, fazer julgamentos, sugerir modificações e aperfeiçoar suas idéias; 7) incentivar nos alunos um desejo de arriscar, experimentar e manipular; 8) valorizar o trabalho do aluno, suas contribuições e suas idéias; 9) permitir que os alunos sigam as diversas etapas do processo criativo diante de um problema; 10) proteger o trabalho do aluno da crítica destrutiva e das gozações dos colegas.

Com base no que foi descrito sobre criatividade é possível afirmar que o comportamento criativo pode ser estimulado em sala de aula. Pesquisadores têm desenvolvido algumas técnicas que visam contribuir para o estímulo da criatividade dos participantes. Nessa perspectiva Fleith (2007) apresenta algumas dessas técnicas: Tempestade de Idéias (OSBORN, 1993), Sinética (GORDON, 1971), Listagem de Atributos (CRAWFORD, em DAVIS, 1992), Combinações Forçadas (SHALL-CROSS, 1981) e Exercícios Ligados ao Uso da Imaginação (ADAMS, 1986).

Na técnica *Tempestade de Idéias* os participantes são incentivados a comunicar quaisquer idéias que venham à mente, sem medo de serem criticados. Essa técnica tem por princípio libertar o indivíduo de fazer, prematuramente, julgamento crítico e avaliação, os quais tendem a desacelerar a produção de idéias e reduzi-las.

A avaliação das idéias será usada numa etapa posterior, após o levantamento de um grande número de idéias. Alencar (2002) argumenta que nessa técnica é necessário que o indivíduo se sinta completamente livre para explorar os seus pensamentos e apresentar suas idéias, por mais ridículas, inusitadas, inapropriadas e inconventionais que possam parecer à primeira vista. A autora sugere algumas regras a serem seguidas: 1) não criticar ou avaliar nenhuma das idéias produzidas; 2) aceitar idéias “malucas” ou cheias de humor; 3) enfatizar a quantidade de idéias e; 4) combinar e aperfeiçoar idéias.

A *Sinética* é a conjunção de elementos diferentes e aparentemente irrelevantes. Utiliza-se de metáforas e analogias para compreender melhor o problema. Ao tratar de metáforas Fleith (2007, p. 145) argumenta que o seu uso “torna o pensamento mais flexível, uma vez que elas nos levam a observar e analisar uma situação sob outras perspectivas que não a usual, mantendo-nos abertos e receptivos a novas idéias”.

A *Listagem de Atributos* tem por princípio visualizar o problema por partes e não atacá-lo como um todo. Para tal, foi desenvolvida uma lista de questões (listagem de atributos) que favorece melhor visualização dos problemas, contando das seguintes sugestões: o que pode ser aumentado ou diminuído nesse problema? Que atributo pode ser modificado, substituído, eliminado, adaptado ou invertido? Pode-se combinar esse atributo com outros? Tal atributo pode ser usado de outra maneira?

A técnica de *Combinações Forçadas* implica descobrir semelhanças ou pontos em comum entre duas coisas que pareçam distantes. Para que essa técnica ocorra, é necessário que os objetos a serem combinados sejam estranhos uns aos outros e sua aproximação discreta, a fim de que a imaginação se veja obrigada a instituir uma ligação entre elas, criando um conjunto em que os dois elementos estranhos possam conviver (RODARI em FLEITH, 2007). A autora salienta que, nessa técnica, as palavras não estão presas ao seu significado habitual, mas libertas dessa cadeia verbal promovendo, assim, o desenvolvimento da flexibilidade e da originalidade.

Nos *exercícios ligados ao uso da imaginação* deve ser solicitado aos participantes experimentar vários tipos de sensações, ao utilizar os sentidos. Exercícios de natureza visual, auditiva (por exemplo, a gargalhada de alguém, som de carro), olfativas (cheiro de frutas, etc), gustativa e sinestésica (sensação de extrema felicidade). Em seguida investiga no aluno o grau de dificuldade para experienciar cada uma das imagens.

Todas essas técnicas podem ser aplicadas durante uma aula de Matemática. O professor pode trabalhar com a imaginação dos alunos, um exemplo, sugerido por Gontijo (2007), seria perguntar a eles o que aconteceria se a Matemática desaparecesse do mundo. Esse autor apresenta vários exemplos, em sua tese, de como estimular a imaginação dos estudantes nas aulas de Matemática. Alguns desses exemplos serão mencionados no próximo item.

O uso de técnicas para estimular o potencial criativo é mais produtivo se for feita em grupo. Como foi mencionado anteriormente, autores defendem a importância do trabalho em grupo para o desenvolvimento da criatividade (Nicola, 1999; Martindale, 1999; Alencar, 2002, 2007; Fleith, 2007; Torre, 2005; entre outros).

Assim, quando o professor proporciona trabalhos em grupo, segundo os autores, estará facilitando o desenvolvimento de atitudes e pensamento ligados à criatividade, haja vista que, conforme Alencar (2002), quando um indivíduo está trabalhando em grupo apresenta um maior número de idéias do que quando está sozinho. E ainda, que há trocas de idéias e sugestões que podem levar às variações e modificações das idéias originalmente apresentadas, o que possibilita novas associações e novas possibilidades de pensamento.

1.4.4 CRIATIVIDADE EM MATEMÁTICA

No primeiro capítulo foi salientado que a Matemática está presente em muitas situações que nos deparamos diariamente. A maioria das pessoas, em suas atividades do cotidiano ou profissional, necessita de conhecimentos matemáticos para agir ativamente perante as diversas situações. Os Parâmetros Curriculares Nacionais chamam a atenção para isto: “a compreensão da Matemática é essencial para o cidadão agir como consumidor prudente ou tomar decisões em sua vida pessoal e profissional” (BRASIL, 1999, p. 80).

Cabe aos professores, em suas práticas de ensino, às escolas, em seus projetos pedagógicos e a todos os envolvidos com o ensino, possibilitarem aos estudantes atividades que visem estimular o desenvolvimento da criatividade em matemática.

Gontijo (2007, p. 2) define a criatividade em Matemática 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 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.

Nessa proposta de definição de criatividade em Matemática, destaca-se a importância do professor incentivar os estudantes a abordarem os problemas matemáticos de forma diferenciada das comuns e proporem soluções e encaminhamentos originais.

É fundamental que o professor esteja sempre com olhar crítico em sua postura em sala de aula, sua forma de abordar os conteúdos e na metodologia utilizada. Para que assim possa verificar se as aulas de matemática enfatizam a memorização e a reprodução do conhecimento, ou se proporcionam o desenvolvimento da criatividade e a construção do conhecimento.

Gontijo (2007) fez uma pesquisa com alunos da terceira série do Ensino Médio com o objetivo de examinar as relações entre criatividade, criatividade em Matemática e motivação em Matemática. Os resultados do estudo evidenciaram que existe relação entre motivação em Matemática e criatividade Matemática. Para o autor “isso implica construção de uma cultura de sucesso, de aprendizado e de prazer em relação à Matemática para que produções criativas neste campo possam ocorrer com maior frequência e qualidade” (p. 115).

Como sugestões para as aulas de Matemática, Sternberg e Grigorenko (2004), em Gontijo (2007, p. 5), propõem algumas estratégias que podem ser utilizadas para favorecer o desenvolvimento da criatividade nesta área:

1) Encorajar os alunos a formularem uma pergunta nova, diferente, sobre um problema de Matemática existente (ou redefinir o problema, reescrevê-lo, mudar a sua perspectiva).

2) Incentivar os alunos a convencerem os colegas de que suas idéias sobre como resolver problemas de Matemática estão certas.

3) Estimular a imaginação no campo matemático como, por exemplo, solicitando aos alunos que proponham problemas com palavras, ou ainda, incentivando-os a contemplarem quais seriam os efeitos sobre a sociedade se a Matemática subitamente desaparecesse do cenário contemporâneo, ou quais seriam os efeitos sobre a sociedade se todas as pessoas começassem a utilizar somente números romanos em qualquer cálculo matemático.

4) Encorajar os alunos a considerarem um tipo de problema matemático que sempre resolveram de determinada maneira e resolvê-lo de um modo diferente, ou ainda, pedir aos alunos que inventem uma operação numérica e expliquem como ela funciona.

5) Propor a resolução de um problema com um método comum e, depois, solicitar que desenvolvam um método novo de modo que ele seja mais eficiente do que o comum, estabelecendo comparações entre os métodos.

6) Estimular os alunos a imaginarem usos da Matemática em atividades que lhes despertam interesse. Por exemplo, se os alunos manifestam interesse por um determinado esporte pedir que inventem problemas matemáticos baseados neste esporte.

A fim de avaliar a criatividade em Matemática, Balka (1974), citado por Gontijo (2007), estabeleceu alguns critérios ao indicar habilidades que podem servir de parâmetro

para o professor observar os estudantes e identificar tais habilidades, em atividades em sala de aula. Estas habilidades constituem-se em indicativos de criatividade em Matemática:

- 1) habilidade para formular hipóteses matemáticas avaliando relações de causa e efeito em situações matemáticas;
- 2) habilidade de considerar e avaliar idéias matemáticas não usuais, refletindo sobre suas conseqüências em situações matemáticas;
- 3) habilidade para perceber problemas a partir de uma situação matemática e formular questões que possam responder a esses problemas;
- 4) habilidade para elaborar subproblemas específicos a partir de um problema matemático geral;
- 5) habilidade para buscar soluções para problemas matemáticos, rompendo com um quadro mental estático;
- 6) habilidade de elaborar modelos para solucionar situações matemáticas.

Além dessas habilidades, que podem ser observadas em sala de aula pelo professor no desenvolvimento das atividades, Gontijo (2007) aponta características de Matemáticos famosos, considerados criativos, que também podem ser observadas nos estudantes. Dentre essas características, destacamos algumas: 1) especulações sobre o que aconteceria se fossem mudadas uma ou mais hipóteses de um problema; 2) imaginação de caminhos ou relações existentes entre os objetos em consideração; 3) tendência para especular aplicações incomuns para os resultados obtidos pela turma; 4) convicção de que todo problema tem uma solução; 5) persistência em trabalhar com problemas particularmente difíceis ou demonstrações; 6) tédio com a repetição ou trabalho com um grande número de problemas que já dominam.

Feitas as considerações sobre a criatividade, passaremos a tratar sobre a Metodologia desta investigação.

CAPÍTULO II

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E ANÁLISES

[...] os programas de pós-graduação devem abrir espaços para realizar pesquisas metaanalíticas de suas produções, contribuindo assim para gerar conhecimentos mais confiáveis na área da Educação (LAROCCA; ROSSO; SOUZA, 2005, p. 130).

2.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A Modelagem Matemática na concepção de Barbosa (2001, 2004), Burak (1992, 1998, 2004) e Caldeira (2004, 2007), parece ter muitos aspectos em comum com o que é apresentado na literatura que trata da criatividade. Como já foi explicitado no primeiro capítulo, Torre (2005) sugere que um ensino criativo deve ser de natureza flexível e adaptativa. Barbosa, Burak e Caldeira pontuam que a Modelagem é uma metodologia aberta, sem procedimentos fixados e com várias possibilidades de encaminhamentos. É levado em consideração o ambiente, o contexto e os interesses do grupo. As etapas que podem constituir o processo de Modelagem, sugeridas por Burak (1992), servem de apoio ao professor, mas não é um processo rígido, o qual pode tomar outros rumos. Assim, pode-se ensejar a hipótese de que o ensino da Matemática através da Modelagem Matemática possa constituir-se em um ensino criativo.

Todavia, não se conhece trabalhos acadêmicos que mostrem esses aspectos da criatividade contemplados na Modelagem Matemática, evidenciando uma comprovação empírica dessa afirmação. Essa comprovação seria possível por meio da análise de trabalhos que utilizaram a Modelagem Matemática como metodologia para o ensino de Matemática.

Como esses trabalhos estão disponíveis em material impresso ou digital, propusemo-nos a analisá-los buscando evidências de aspectos relativos à criatividade. Assim, os objetivos deste trabalho são identificar e analisar aspectos relativos à criatividade presentes em atividades que utilizaram a Modelagem Matemática como metodologia de trabalho e de investigação, descritas em algumas dissertações desenvolvidas em Programas de Pós-Graduação de universidades brasileiras, bem como produzir indicadores sobre a relação Modelagem Matemática e criatividade.

Para fazer frente aos objetivos propostos, o delineamento da pesquisa buscou pressupostos da pesquisa qualitativa que, para Bicudo (2006),

[...] engloba a idéia do subjetivo, passível de expor sensações e opiniões. O significado atribuído a essa concepção de pesquisa também engloba noções a respeito de percepções de diferenças e semelhanças de aspectos comparáveis de experiências [...] (p. 106).

Nesse trabalho optou-se pela análise de dissertações, por entender que são pesquisas que ensejam maior rigor em seus diferentes aspectos. De acordo com Severino (1996), a dissertação de mestrado trata-se da “comunicação dos resultados de uma pesquisa e de uma reflexão, que versa sobre um tema igualmente único e delimitado (...) servindo-se de um raciocínio rigoroso, de acordo com as diretrizes lógicas do conhecimento humano” (p. 119-120). Assim, este trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica.

Dentre os tipos de estudos bibliográficos ou documentais optou-se pela pesquisa metaanalítica que, para Fiorentini e Lorenzato (2006, p. 103), é “uma revisão sistemática de outras pesquisas, visando realizar uma avaliação crítica das mesmas e/ou produzir novos resultados ou sínteses a partir do confronto desses estudos, transcendendo aqueles anteriormente obtidos”. Larocca, Rosso e Souza (2005, p. 119), destacam a importância desse tipo de pesquisa. Os autores afirmam que

[...] pelas pesquisas metaanalíticas, a ciência busca sua coerência, debruçando-se sobre aquilo mesmo que produz, não exclusivamente visando traçar o tradicional estado da arte de determinado conhecimento, mas para que, utilizando-se de procedimentos científicos qualitativos e/ou quantitativos, venha a conhecer melhor a produção científica em seus vários aspectos.

Dessa forma, a partir das análises de outras produções científicas envolvendo a Modelagem Matemática, pretende-se responder às questões de pesquisa e explicitar contribuições para o processo ensino-aprendizagem em Matemática.

A questão norteadora da pesquisa é: *os trabalhos desenvolvidos por meio da Modelagem Matemática, na perspectiva da Educação Matemática proposta, favorecem o desenvolvimento da criatividade?* A fim de responder as questões foram selecionadas quatro dissertações de mestrado que constam relatos de trabalhos de Modelagem Matemática desenvolvidos em sala de aula.

2.1.1 DOS PROCEDIMENTOS

Ao se buscar o material que trata da Modelagem na Educação Básica, observou-se alguns aspectos: 1) A maior parte dos trabalhos examinados, via internet, como forma de acesso, não constavam descrições de atividades e a dinâmica vivenciada em uma experiência de Modelagem Matemática; 2) Muitos trabalhos que ofereciam uma descrição do seu desenvolvimento foram não se referiam à Educação Básica; 3) No trabalho de Klüber (2007) foram apontadas algumas formas de conceber Modelagem Matemática por diversos autores analisados. Tais formas de conceber a Modelagem Matemática ensejaram a questão principal e as norteadoras desse trabalho.

Em vista disso, optou-se por trabalhos acadêmicos que tivessem como foco a Educação Básica, e contivessem descrições da dinâmica do desenvolvimento de uma atividade de Modelagem Matemática em sala de aula e, ainda, tratassem o ensino e a aprendizagem em um contexto mais amplo. Recaiu-se sobre três autores: Barbosa, Burak e Caldeira.

Outro ponto considerado nos procedimentos iniciais foi qual tipo de trabalho poderia refletir aspectos considerados importantes na investigação proposta: concepção de

ensino e de aprendizagem mais apropriadas para a Educação Básica, envolvimento dos alunos nas experiências, e que contivesse as descrições que pudessem destacar elementos de criatividade nessas práticas.

2.1.2 DOS TRABALHOS SELECIONADOS

Os trabalhos selecionados consistem em dissertações orientadas por Barbosa, Burak e Caldeira, por entendermos que esses possibilitariam verificar os objetivos propostos, bem como, responder às questões da investigação. Sendo:

1. **Modelagem matemática no contexto do ensino médio: possibilidade de relação da matemática com o cotidiano**, autoria de Alzenir V. Ferreira Soistak, Mestrado em Educação da Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR, defendida em 2006. O trabalho aborda uma aplicação de Modelagem Matemática em duas primeiras séries do ensino médio, em um colégio agrícola, na cidade de Ponta Grossa, PR. O tema escolhido pelas turmas foi ‘Cultura da Soja’.
2. **Modelagem Matemática: uma perspectiva para o ensino de matemática no ensino médio**, autoria de Antonio Vamir Camilo, Mestrado em Educação da Universidade do Contestado, Caçador, SC, defendida em 2002. O trabalho foi realizado em contra turno com alunos voluntários do primeiro e segundo ano do ensino médio, de um colégio estadual na cidade de Guarapuava, PR. O pesquisador subdividiu em grupos os alunos, e para esta pesquisa foi selecionada a descrição do trabalho de um grupo composto por quatro integrantes. O tema escolhido por esse grupo foi ‘Quadra de Esportes’.
3. **A produção de discussões reflexivas em um ambiente de Modelagem Matemática**, autoria de Marluce Alves Santos, Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual

de Feira de Santana, Feira de Santana, BA, defendida em 2007. O trabalho foi realizado numa sexta série do ensino fundamental, de uma escola pública, no município de Coração de Maria, BA. A pesquisadora sorteou para observação um grupo composto por seis integrantes. O tema trabalhado foi ‘Fatura de Água’.

4. **Modelagem Matemática no cárcere**, autoria de Martha Joana Tedeschi Gomes, Mestrado em Educação, da Universidade Federal do Paraná, PR, defendida em 2005. A pesquisadora desenvolveu uma aplicação de Modelagem Matemática com alunos detentos do Ensino Fundamental do 2º Segmento da Penitenciária Estadual de Piraquara, de regime fechado e segurança máxima e na Colônia Penal Agrícola, de regime semi-aberto, na cidade de Piraquara, PR. O tema trabalhado foi ‘construção civil’.

É importante destacar que as dissertações analisadas não tinham o objetivo explícito do aprimoramento de habilidades criativas por parte dos estudantes, mas sim o propósito de aplicar a metodologia em sala de aula. Essa afirmação pode ser verificada analisando os objetivos de cada uma das dissertações: O trabalho de Gomes (2005) teve como objetivo “verificar a possibilidade de trabalhar a Modelagem Matemática junto aos alunos detentos do Sistema Penitenciário do Paraná, na cidade de Curitiba e região metropolitana” (p. viii). Santos (2007) descreve que a pesquisa teve por objetivo analisar a produção de discussões reflexivas em um ambiente de Modelagem Matemática, a partir de dados obtidos da observação e filmagem de um grupo de alunos de uma escola pública secundária no município de Coração de Maria. Camilo (2002) explicita que o trabalho teve por objetivo “refletir sobre o método da Modelagem Matemática, enquanto uma prática que parte do interesse do educando, no propósito de verificar em que medida favorece a aprendizagem da Matemática no Ensino Médio” (p. 6). E finalmente, Soistak (2005) salienta que o objetivo foi “analisar a aplicação da Modelagem Matemática em situação de

sala de aula, ante a contextualização, a aplicabilidade e a compreensão dos conteúdos matemáticos” (p. 13).

2.1.3 DOS ASPECTOS DE CRIATIVIDADE

Para análise dos relatos de trabalhos de Modelagem Matemática à luz da teoria da criatividade formulamos indicadores, com base nos aspectos relativos à criatividade extraídos do material dos autores que tratam sobre o tema. Foram elencadas palavras-chave, que se constituem em indicadores de criatividade. Procurou-se abranger todos os aspectos a serem considerados no que diz respeito à criatividade (a pessoa, o produto, o processo e o ambiente), para então identificá-los nas descrições dos trabalhos de Modelagem Matemática. Dessa forma, será elaborada uma análise detalhada buscando não omitir aspectos importantes.

No *quadro I* estão expostos os aspectos de criatividade relativos à pessoa, isto é, características do pensamento e habilidades. No *quadro II* a tarefa na perspectiva heurística, que é um fator relativo ao processo criativo. No *quadro III* refere-se ao produto criativo, o qual deve ser útil e valioso. No *quadro IV* estão descritas as características do ambiente, a fim de proporcionar o desenvolvimento da criatividade.

Quadro I: Características da Pessoa Criativa

PESSOA	
Capacidades do Pensamento Criativo (Torrance, 1976)	Tomar consciência de problemas.
	Pensar em possíveis soluções.
	Submetê-las à prova.
Bagagem de conhecimento. (Alencar, 2002)	
Dedicação, esforço e envolvimento com o trabalho. (Alencar, 2002)	
Persistência nas ações que deseja desenvolver. (Alencar, 2002)	
Habilidades do pensamento criativo (Guilford 1950, 1975)	Sensibilidade a problemas: habilidade de ver problemas.
	Fluência: a abundância ou quantidade de idéias diferentes sobre o mesmo assunto.
	Flexibilidade: capacidade de alterar o pensamento ou conceber diferentes tipos de respostas.
	Originalidade: capacidade de gerar respostas que não são freqüentes ou que são incomuns.

Criatividade em Matemática (Balka, 1974 apud Gontijo, 2007)	Elaboração: quantidade de detalhes presentes em uma idéia.
	Complexidade: número de idéias inter-relacionadas que o indivíduo pode manipular de uma só vez.
	Redefinição: habilidade de efetuar mudanças na informação.
	Avaliação: processo de decisão, julgamento e seleção de uma ou mais idéias dentre um grupo maior de idéias.
	Habilidade para formular hipóteses matemáticas avaliando relações de causa e efeito em situações matemáticas.
	Habilidade de considerar e avaliar idéias matemáticas não usuais, refletindo sobre suas conseqüências em situações matemáticas.
	Habilidade para perceber problemas a partir de uma situação matemática e formular questões que possam responder a esses problemas.
	Habilidade para elaborar subproblemas específicos a partir de um problema matemático geral.
	Habilidade para buscar soluções para problemas matemáticos, rompendo com um quadro mental estático.
	Habilidade de elaborar modelos para solucionar situações matemáticas.
	Comunicação de idéias (capacidade de argumentação).
	Curiosidade (Torrance, 1976).
Autoconceito Positivo (Alencar, 2002).	
Pensamento analógico.	
Autonomia.	
Espírito de pesquisa.	
Disponibilidade para enfrentar situações novas (Alencar, 2002). Desejo de assumir riscos (Torrance, 1976).	
Motivação.	

Quadro II: Característica do Processo Criativo

PROCESSO
Tarefa na perspectiva heurística.

Quadro III: Características do Produto Criativo

PRODUTO
Produto: valioso, útil.

Quadro IV: Características do Ambiente Criativo

AMBIENTE	
Características do ambiente social.	Encontra apoio e respeito com suas idéias.
Uso de técnicas adequadas.	
O professor incentiva a comunicação entre os estudantes e o trabalho em grupo (Alencar, 2002).	
Favorecimento da autonomia e liberdade de ação dos estudantes.	
Motivação externa.	

2.2 DESCRIÇÕES E ANÁLISES

Neste item trazemos as descrições dos trabalhos de Modelagem Matemática e uma análise dos textos. A fim de destacar os dados empíricos e as análises, as descrições contidas nas dissertações selecionadas serão apresentadas com fonte em tamanho dez e negrito, enquanto que as análises estão em tamanho doze.

2.2.1 DESCRIÇÃO E ANÁLISES SOBRE A DISSERTAÇÃO ‘MODELAGEM MATEMÁTICA: UMA PERSPECTIVA PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA NO ENSINO MÉDIO’ – TEMA: QUADRA DE ESPORTES

Camilo (2002) desenvolveu o trabalho em contra turno com alunos do ensino médio do Colégio Estadual Carneiro Martins, em Guarapuava – PR. Salienta-se que o pesquisador foi professor da turma durante o trabalho desenvolvido.

Primeiramente foi solicitado aos alunos que sugerissem temas para a atividade. Os temas sugeridos foram: bicicleta, gêneros alimentícios, cesta básica, embalagens, água e esgoto, transporte coletivo, pecuária, bovinocultura, suinocultura, ovinocultura, jardinagem, agricultura familiar, horta, culinária, pavimentação, quadra de esportes, roda de capoeira.

Formaram-se grupos e cada grupo escolheu um tema.

A seguir serão apresentados dados empíricos que mostram o desenvolvimento do trabalho de um grupo composto por quatro integrantes, que freqüentavam a 1ª e 2ª séries do ensino médio, dois dos integrantes eram repetentes e um deles estava em dependência em Matemática. O tema escolhido foi “Quadra de Esportes”. “Os alunos do grupo caracterizavam-se pela participação como atletas” (CAMILO, 2002, p. 64).

“As discussões iniciais do grupo giravam em torno dos esportes praticados no colégio (...) Alegavam alguns que não era possível desenvolver qualquer esporte (...), devido à existência de um grande número de aulas de Educação Física” (CAMILO, 2002, p. 64-65) (sic).

Os alunos alegaram que o tamanho do ginásio era reduzido, porém uma aluna discordou. O grupo chegou ao consenso que para tirar a dúvida bastava medi-lo e confrontar com as medidas oficiais. Também argumentaram que o ideal era ter um novo ginásio ou, ao menos, outra quadra esportiva. A partir das discussões ocorreram questionamentos, tais como: Qual o local ideal para construção da nova quadra esportiva? O único local seria o pátio do colégio? Qual o tamanho do pátio do colégio? No pátio, é possível construir uma quadra com medidas oficiais? (CAMILO, 2002)

Os dados empíricos permitem inferir que os estudantes tomaram consciência do problema e levantaram hipóteses com a finalidade de achar uma solução para prática de esportes do colégio. Isso evidencia a sensibilidade a problemas, que é a primeira habilidade do pensamento criativo, descrito por Guilford (1950, 1975). Além disso, o professor oportunizou e incentivou para que os alunos expusessem suas idéias a respeito do tema escolhido, o que também se constitui num aspecto importante para o desenvolvimento da criatividade em sala de aula.

O grupo decidiu “levantar informações referentes ao tipo de esportes praticados em quadras oficiais e constatar a existência de tais quadras na cidade. Assim, dentro desse contexto, surgiu a idéia da tomada das medidas da quadra de esportes do Colégio e a elaboração de uma maquete” (CAMILO, 2002, p.65).

O relato denota que, inicialmente, o grupo pensou em providências que poderiam tomar a fim de responder as hipóteses levantadas, o que remete às capacidades do pensamento criativo, já que uma delas é pensar em possíveis soluções para resolver problemas. Além do mais, os estudantes puderam sugerir livremente alternativas para encontrar soluções para os questionamentos levantados, o que favorece a autonomia e liberdade de ação deles.

Os alunos discutiram sobre o que é maquete e constataram que “através da maquete é possível visualizar o projeto como um todo, em todos os seus detalhes e particularidades.” O professor

relata que “a partir daí, a idéia da construção da maquete entusiasmou ainda mais os elementos do grupo” (CAMILO, 2002, p.65).

Nas descrições consta que, com o surgimento da idéia de construção de uma maquete os estudantes trocaram opiniões sobre o assunto e decidiram colocar em prática suas idéias. Isso se refere às capacidades do pensamento criativo, que seria submeter à prova, ou seja, colocar em prática as diversas sugestões. Também se destaca o entusiasmo dos estudantes para construção da maquete, e o entusiasmo para realização de uma atividade é um fator importante para superar as dificuldades que surgirão e ter persistências nas ações. Além disso, o entusiasmo dos estudantes com relação à atividade desenvolvida pode ser decorrente da motivação que o tema proporcionou a eles.

“No início do trabalho de medição, um dos elementos do grupo mostrou-se surpreso e disse que ainda não conhecia o instrumento de medida chamado trena. Após algumas explicações sobre a finalidade e utilização dos instrumentos de medidas, os alunos iniciaram a tomada de medidas utilizando a trena, visto que a unidade de medida era o metro. Ao iniciarem a medição, notamos que estavam tomando as medidas incorretamente. O aluno que segurava na extremidade de origem da trena não localizara o ponto zero [...] As medidas foram refeitas e anotadas num rascunho, o qual continha um desenho rudimentar da planta baixa da quadra” (CAMILO, 2002, p. 66).

O autor relata que, durante a medição, foi despertada a curiosidade de outros alunos que estavam no ginásio, sendo que alguns acompanharam a tomada de algumas medidas e fizeram várias perguntas. “Após tomar as medidas da quadra, do ginásio e do pátio, o grupo continuou anotando outras medidas, pois estavam gostando de trabalhar com os instrumentos de medidas, o que parecia ser muito divertido. Por exemplo, mediram a altura e a largura das travas existentes no ginásio, a altura e largura da rede de vôlei, a tabela de cesta de basquete, etc” (CAMILO, 2002, p. 67).

“No momento em que mediam a cesta de basquete (aro), um dos componentes perguntou: como se tira a medida desse aro? Várias opiniões surgiram. Uns diziam que era necessário medir o comprimento do aro, outro disse que deveria medir só o raio. Chegaram a conclusão de que o modo mais fácil era tomar a medida do diâmetro. A partir do diâmetro se poderia calcular o raio e o

comprimento da circunferência, assim como a área do círculo. Enquanto se media o diâmetro do aro um dos alunos exclamou: não acredito ser tão grande este aro. Um segundo aluno falou: se o aro é tão grande, porque você não consegue fazer nenhum ponto no jogo de basquete? Uma das alunas justificou: mas a bola também é grande” (p. 68). Então o professor lançou o seguinte questionamento: “Qual a diferença entre a área do círculo (aro) e a área do círculo máximo da bola de basquete?” É descrito que “houve um certo silêncio e logo um aluno perguntou: Como medir o diâmetro da bola de basquete? Naquele momento, percebemos a preocupação dos alunos, pois ficaram pensativos. Decidiram que essa questão seria analisada mais à frente” (CAMILO, 2002, p. 68-69).

O autor relata que “várias opiniões surgiram” (p. 68) para resolver o problema da medida da cesta de basquete, isso lembra a técnica “tempestade de idéias” e a fluência. Mas não é possível afirmar que houve a utilização da técnica “tempestade de idéias”, tendo em vista que a descrição não deixa evidente e, possivelmente não tinham a intenção explícita de utilizar essa técnica. Como também não é possível afirmar que houve a fluência, uma vez que não consta nas descrições o registro das idéias apresentadas por cada um dos alunos.

Apesar de na descrição não ficar claro como os alunos chegaram à conclusão de que o modo mais fácil era tomar a medida do diâmetro, pode-se destacar também a habilidade de considerar e avaliar idéias matemáticas refletindo sobre suas conseqüências (Gontijo, 2007). A avaliação e a bagagem de conhecimento também são observadas. Subentende-se que foram os próprios alunos que chegaram à conclusão, para isso tiveram que recorrer a conhecimentos que teriam adquirido anteriormente, como definições de diâmetro, raio, comprimento da circunferência e, ainda, lembrar as formas de cálculo dessas grandezas. Considerando o quadro I, o item Criatividade em Matemática (p. 49-50), habilidade para formular hipóteses matemáticas avaliando relações de causa e efeito em situações matemáticas, os dados empíricos nos permitem inferir que os estudantes formularam hipóteses a respeito do cálculo da cesta de basquete, é claro que de maneira

simples, mas o diálogo entre os estudantes e suas indagações conduziram o professor a lançar um questionamento, com o qual os alunos ficaram pensativos. Nisso já surgiu outra questão que seria o primeiro passo para resolver o problema: “como medir a bola de basquete?” Isso nos remete a dois aspectos de Criatividade em Matemática: habilidade para perceber problemas a partir de uma situação matemática e formular questões que possam responder a esses problemas; e a habilidade para elaborar subproblemas específicos a partir de um problema matemático geral.

Após terminarem as medidas, os alunos analisaram e confirmaram que aquela quadra não tinha as medidas oficiais. Efetuaram os cálculos e constataram não ser possível construir uma quadra de esportes com as medidas oficiais no pátio do colégio, pois a área do pátio era menor que o espaço ocupado pelo ginásio atual (CAMILO, 2002).

Nesse excerto, nota-se a habilidade para buscar soluções para problemas matemáticos, rompendo com um quadro mental estático. Segundo o autor, a partir dos dados que coletaram de seu ambiente cotidiano os estudantes fizeram constatações importantes, que respondiam às questões formuladas no início do trabalho. Esses dados nos permitem inferir que eles romperam com o quadro mental estático, pois as informações que necessitavam não estavam dadas de antemão e puderam utilizar conhecimentos que, possivelmente, tinham aprendido em sala de aula, em suas realidades, para chegar às respostas das questões que eles mesmos formularam. A bagagem de conhecimento também foi essencial nesta etapa. Além do mais, isso demonstra que eles submeteram à prova os problemas levantados.

Quando os alunos estavam medindo, outros alunos da quinta série ficaram curiosos, queriam saber o que estavam fazendo. Os componentes do grupo deram explicações. Sobre isso, o professor comenta que “aquele momento foi muito gratificante, ao presenciar a curiosidade daqueles pequenos e o entusiasmo daquele grupo socializando o conhecimento recém adquirido” (CAMILO, 2002, p.70).

Apesar da comunicação de idéias entre os estudantes estar presente em todas as etapas, isto é o trabalho em grupo, esse trecho permite inferir que aconteceu uma

comunicação um pouco diferente. Os estudantes mais velhos explicaram o que estavam fazendo, como relata o próprio professor, socializaram o conhecimento com os estudantes mais novos. O fato de que os estudantes da quinta série interessaram-se pela atividade e, ainda, o comentário do professor de que “aquele momento foi muito gratificante, ao presenciar [...] o entusiasmo daquele grupo socializando o conhecimento recém adquirido” (p. 70), relaciona-se com o autoconceito. É possível inferir pelas declarações que os estudantes melhoram seus autoconceitos, ao perceberem pessoas interessadas em seus trabalhos e dispostas a ouvir suas explicações. Dessa forma eles puderam verificar que estavam fazendo algo importante. Além de encontrarem apoio e respeito com suas idéias, os estudantes encontraram interesse por suas idéias.

“Concluídas as medições, o grupo passou ao trabalho de organização e representação das medidas, assim como a discutir a elaboração da maquete da quadra de esporte do Colégio” (CAMILO, 2002, p. 70).

Surgiu a idéia de visitar um local onde houvesse uma maquete e, também, de conhecer e conversar com quem constrói maquetes. Decidiram visitar a Universidade, onde tem uma maquete. Conversaram com a pessoa responsável, a qual “fez várias sugestões aos alunos, a respeito dos materiais que poderiam utilizar. Demonstrou como usar escalas, explicando a utilização do escalímetro. Salientou aos alunos que a construção de maquetes é um trabalho interessante e gratificante, mas que requer dedicação e muita paciência, pois muitos problemas surgem e precisam ser resolvidos” (CAMILO, 2002, p. 70-71).

De posse das informações e de alguns materiais e com as medidas verificadas, o grupo voltou ao ginásio de esportes para visualizar outros detalhes. “Um aluno do grupo, utilizando-se de uma cartolina, elaborou o desenho da quadra de esportes. O grupo resolveu que o desenho deveria ser melhorado. Então decidiram fazer uso do computador e utilizando o sistema Auto Cad, refizeram a planta baixa da quadra. Na seqüência, plotaram-na numa escala de 1:50 servindo ela como ponto de partida para construção da maquete” (CAMILO, 2002, p. 72-73). “Após várias tentativas, erros, sugestões, os alunos concluíram que deveriam pesquisar outras alternativas de materiais para que fosse dado prosseguimento à construção da maquete” (CAMILO, 2002, p. 73).

O relato do autor de que “após várias tentativas, erros, sugestões [...]” (CAMILO, 2002, p. 73) indica que os estudantes podem ter se valido das habilidades do pensamento criativo, descritas por Guilford (1950, 1975), tais como: a fluência, a flexibilidade, a redefinição, a complexidade e a avaliação. Entretanto, não é possível afirmar com certeza que houve manifestações de fluência, flexibilidade, redefinição, complexidade e avaliação por parte dos estudantes pois, como já foi mencionado anteriormente, não consta nas descrições um registro sistemático das idéias apresentadas pelos estudantes.

“A cada dia que passava o grupo enfrentava novos desafios, novos problemas e discutiam alternativas tais como: como construir as paredes do ginásio? E o teto? A grande dificuldade que grupo encontrou foi no momento de construir a cobertura do ginásio, visto que é de forma arredondada, ou seja, aproximada a um semicírculo” (CAMILO, 2002, p. 73).

Nos dados empíricos observa-se que a persistência nas ações para chegar ao objetivo que era a construção da maquete foi fundamental, pois, conforme o relato: “a cada dia que passava o grupo enfrentava novos desafios, novos problemas [...]” (p. 73). Provavelmente, para resolver esses problemas que surgiam, os estudantes valeram-se das capacidades do pensamento criativo, descritas por Torrance (1976): tomar consciência de problemas, pensar em possíveis soluções e submetê-las à prova. Observa-se que os alunos tinham autonomia e liberdade para levantar problemas, propor soluções e colocar as idéias à prova, com relação ao trabalho que estavam desenvolvendo. Além de enfrentarem situações que, provavelmente, nunca tinham enfrentado antes.

“Após várias discussões e sugestões apresentadas, assim como a mediação do pesquisador, parece que os alunos começaram a relacionar de uma forma mais lógica o tipo de material, tamanho, formas, utilização, etc. Acredito que isso ocorreu devido à compreensão de escalas, sendo que as idéias continuavam clareando, pois o grupo mostrava-se atento a muitos detalhes e pormenores. Estavam empenhados na resolução e discussão de vários problemas que iam aparecendo, desde um simples modo de se cortar o papel até a aparência final do produto acabado. Enfim, após o estudo de vários detalhes e resolução de muitos problemas, o grupo conseguiu chegar ao final da construção da

maquete, inclusive com a construção de tabelas de basquete, traves de futebol de salão, rede de voleibol, etc., assim como a pintura das paredes internas e externas da maquete” (CAMILO, 2002, p. 74).

A descrição evidencia que durante a construção da maquete houve comprometimento, por parte dos alunos, no desempenho das atividades. O relato do professor de que “estavam empenhados na resolução e discussão de vários problemas que iam aparecendo, desde um simples modo de se cortar o papel até a aparência final do produto acabado” (CAMILO, 2002, p. 74), denota que os estudantes dedicaram-se para que cada detalhe da maquete ficasse bom. A dedicação é um aspecto necessário para desenvolver a criatividade. Possivelmente, quando concluíram a maquete, viram que tinham desempenhado um bom trabalho, com todos os detalhes da quadra original. O fato de concluírem a maquete em todos os seus detalhes, conforme a descrição do autor, pode ensinar a formação do autoconceito positivo dos estudantes.

“Após a maquete concluída, ela ficou em exposição, e pudemos observar que despertou grande curiosidade por parte dos professores e outros alunos do colégio. Os elementos do grupo fizeram apresentação da maquete em suas turmas, relatando alguns detalhes da construção, assim como da experiência vivida no projeto” (CAMILO, 2002, p. 74).

O resultado físico, que foi a maquete, nesta atividade de Modelagem Matemática trouxe reconhecimento do trabalho em âmbito escolar. Professores e alunos interessaram-se pela atividade que o grupo desempenhou. A maquete foi o produto e a manifestação da criatividade por parte dos estudantes.

Uma das questões levantadas foi a respeito do piso da quadra, que precisava ser substituído. Decidiram fazer orçamento de um novo piso, mas necessitavam de algumas informações: cálculo das quantidades de material, custo dos materiais e mão-de-obra. O autor relata que aproveitaram para “explorar com os alunos vários conteúdos matemáticos. Para o desenvolvimento desses conteúdos utilizamos em grande parte o conhecimento prévio que os alunos manifestavam, ou seja, utilizando relatos de fatos, curiosidades, experiências do cotidiano, etc. Estavam empenhados na resolução e

discussão de vários problemas que iam aparecendo, desde um simples modo de se cortar o papel até a aparência final do produto acabado” (CAMILO, 2002, p. 75).

“No momento em que o grupo discutia as estratégias para a construção da maquete da quadra de esportes (ginásio), um dos elementos mostrava-se interessado em confeccionar as miniaturas, em madeira, das colunas de sustentação do ginásio. Aí perceberam que precisavam de mais algumas medidas, pois, na ocasião da medição anterior, as atenções do grupo estavam mais voltadas para os detalhes internos do ginásio. O grupo retornou ao ginásio para medir as colunas e no momento em que estavam medindo observaram suas formas, identificando-as como prismas irregulares. A partir do interesse que os alunos demonstraram pela forma das colunas, passamos a desenvolver os conteúdos da área da superfície total e volume. (...) Os alunos utilizaram-se da miniatura da coluna confeccionada em cartolina para determinar o modelo matemático para o cálculo da área da superfície total. Recortaram as arestas do sólido (...), planificando-o, encontraram dois trapézios semelhantes e três retângulos e um quadrado” (Estavam empenhados na resolução e discussão de vários problemas que iam aparecendo, desde um simples modo de se cortar o papel até a aparência final do produto acabado” (CAMILO, 2002, p. 76). Consta no relato que encontraram o modelo matemático e fizeram os cálculos para comprovação empírica.

“Após a conclusão dos cálculos referentes à área da superfície total de uma das colunas que dão sustentação ao ginásio, o grupo passou a direcionar esforços para o cálculo do volume” (p. 79). O professor iniciou com o estudo do volume do paralelepípedo retângulo, utilizando como modelo caixas de papelão trazidas pelos alunos. “Após a compreensão pelos alunos do volume do paralelepípedo retângulo, passamos ao desenvolvimento do modelo matemático para o cálculo do volume de uma das colunas de sustentação do ginásio de esportes. (...) No intuito de facilitar a compreensão do processo de Modelagem, sugerimos aos alunos que dividissem em duas partes a miniatura da coluna em madeira. (...) Imediatamente os alunos reconheceram os prismas resultantes e passaram a calcular seus volumes” (CAMILO, 2002, p. 79-80). Encontraram o modelo matemático e fizeram o cálculo do volume da coluna com a comprovação do modelo empírico.

Destaca-se, principalmente, nesse excerto a habilidade de elaborar modelo para solucionar situações matemáticas, do Quadro I: Características da Pessoa Criativa, pois o grupo elaborou um modelo para calcular a área total da coluna de sustentação do ginásio.

O professor observa que “os alunos mostraram-se interessados e participaram intensamente, contribuindo com muitas idéias na abordagem da construção do modelo” (CAMILO, 2002, p. 82). Relata que para medida do diâmetro da bola de basquete fizeram várias tentativas de diferentes maneiras e por fim calcularam a média aritmética dos valores encontrados. Segundo Camilo (2002) o tema quadra de esportes proporcionou a abordagem de diversos conteúdos matemáticos: sistemas lineares, matrizes, determinantes, geometria analítica, geometria plana e espacial.

As capacidades do pensamento criativo, descritas por Torrance (1976), são utilizadas em praticamente todos os momentos do trabalho. A cada etapa os estudantes precisavam resolver problemas que surgiam, assim, eles tomavam consciência dos problemas, pensavam em soluções e colocavam em prova.

Outro aspecto a ser considerado é que o trabalho foi desenvolvido em grupo e esse é fator importante para o favorecimento da criatividade em sala de aula. Os estudantes puderam formular problemas, colocar suas idéias e sugestões para resolução e ainda tinham autonomia e liberdade para propor idéias, soluções para problemas, etc. O professor teve o papel de mediador do grupo, fazendo intervenções quando necessário era, alguém experiente com quem os alunos poderiam contar.

É importante destacar que a tarefa desenvolvida pelos estudantes, ou seja, os modos que procederam e encaminharam os processos de resolução, foram heurísticos pois o professor não estabeleceu nada de antemão e deixou que a atividade fluísse livremente, conforme os questionamentos e as necessidades que surgiam. Esse é outro fator que permite a manifestação da criatividade.

2.2.2 DESCRIÇÃO E ANÁLISES SOBRE A DISSERTAÇÃO ‘MODELAGEM MATEMÁTICA NO CONTEXTO DO ENSINO MÉDIO: POSSIBILIDADE DE RELAÇÃO DA MATEMÁTICA COM O COTIDIANO’ – TEMA: CULTURA DA SOJA

Soistak (2006) descreve uma aplicação de Modelagem Matemática na primeira série do ensino médio de um colégio agrícola na cidade de Ponta Grossa, PR. O trabalho foi desenvolvido em uma turma regular, em duas aulas semanais, em que a pesquisadora atuava como professora regente da disciplina de Matemática. A turma era composta por trinta e seis alunos, com faixa etária entre 14 e 16 anos.

A pesquisadora iniciou o trabalho com uma conversa com os alunos, falou da importância da Matemática no dia a dia e na escola, em seguida propôs a Modelagem Matemática como uma metodologia alternativa que torna o ensino da Matemática mais dinâmico e atrativo, e comentou sobre a forma de encaminhamento do trabalho durante a aplicação dessa metodologia. Inicialmente “[...] Os alunos se entusiasmaram com a possibilidade de aprender Matemática de modo mais relacionado com seu cotidiano” (SOISTAK, p. 67).

Primeiramente, com base no dado empírico, percebe-se a disponibilidade da professora de trabalhar com os estudantes de uma maneira diferente da tradicional. A Modelagem Matemática, como uma metodologia para o ensino da Matemática, exige do professor essa disponibilidade pois, muitas vezes, professores e alunos deparam-se com situações novas e, conseqüentemente, exige também maior dedicação do grupo para com a atividade. Essa disponibilidade e desejo de enfrentar situações novas do professor incentiva os alunos a também se disporem a enfrentar tais situações, isso contribui para o desenvolvimento da criatividade dos alunos e do próprio professor.

Após a explanação de como seria o trabalho, os temas foram levantados, sendo a maioria deles relacionados com a Agropecuária. Houve exposição dos temas, com muitas discussões entre os alunos, a votação ficou para aula seguinte. O tema escolhido foi a cultura da soja, os alunos dividiram-

se em seis grupos para coletar os dados que considerariam relevantes sobre o assunto (SOISTAK, 2006).

Nesse trecho é possível notar que os alunos são incentivados a comunicarem suas idéias sobre o que gostariam de trabalhar em sala de aula. O professor dá liberdade aos estudantes de explicar e discutir, para assim escolherem o tema. Isso contribui para o desenvolvimento da autonomia dos alunos.

Segundo a autora, na fase da coleta de dados, alguns grupos sentiram dificuldades, alegaram falta de tempo, e que o tema era muito amplo e não sabiam o que fazer. Então aconteceu mais uma conversa entre alunos e professor e foram enumerados alguns pontos que poderiam ser pesquisados: área a ser plantada, tipos de semente, investimento e lucro (SOISTAK, 2006).

Na data marcada os grupos fizeram a exposição do que haviam pesquisado, com isso surgiram várias dúvidas e questionamentos. “Houve infelizmente alguns alunos que ficaram apáticos não participando das apresentações”. Os temas abordados sobre o assunto foram: importância da análise do solo para o correto plantio da soja; variedades, aumento da produção e sobre o valor nutricional do grão; gráfico da margem de lucro, perda e custo da safra; tabela com variação do preço em dólar dos principais produtos derivados da soja (óleo, farelo e grão) no intervalo de 1992 a 2004; principais regiões que cultivam a soja e insumos utilizados nessa cultura; fórmula do cálculo para perdas em hectares. Cada grupo apresentou um tema (SOISTAK, 2006, p. 68).

Nos dois parágrafos anteriores percebe-se que os alunos não estão acostumados com esta forma de encaminhamento das aulas, já que exige da parte deles uma participação ativa. Observa-se que a Modelagem ao proporcionar uma participação mais direta e uma mudança na dinâmica da sala de aula pode, de início, ensejar situações de participação e envolvimento dos alunos de uma forma a que eles não estão habituados, desenvolvendo uma apatia inicial, superada com o desenvolvimento do trabalho. Assim, foi necessário novamente o incentivo do professor, para que então os estudantes fossem pesquisar os temas relacionados à soja. Nesta etapa, foi muito importante o papel do professor para que os alunos não desanimassem e persistissem nas ações propostas no início. A persistência nas ações consiste num aspecto fundamental para produção criadora.

A autora afirma que durante a apresentação de um grupo “os próprios alunos levantaram o problema de saber analisar a variação de preços e das quantidades produzidas que ali estavam apresentadas de modo mais prático, por porcentagem. Assim houve a necessidade de aprofundar o assunto de porcentagem e regra de três, completando esses conteúdos com os exercícios propostos pela apostila”. Aproveitaram para fazer uma análise da cotação do dólar em relação a outras moedas (SOISTAK, 2006, p. 68).

“Ainda desse grupo retiramos a seguinte afirmação: a produtividade média nas lavouras brasileiras se mantém em 800 kg/ha. Interpretando tal afirmação e de modo intuitivo chegamos a conclusão que conforme a área plantada varia, os grãos colhidos também variam. Começamos então o conteúdo matemático sobre funções estabelecendo a noção de função, o conceito, a lei de formação e o gráfico representado por essa função em particular”. Encontraram a lei matemática que associa grãos e área: $y = 800x$. Fizeram o gráfico dessa função. Dando continuidade ao assunto de funções, estudaram funções lineares e quadráticas, relacionando com tema (SOISTAK, p. 69).

Os dados empíricos indicam que a partir de uma situação real os alunos perceberam problemas matemáticos. Então foi necessário que o grupo aprofundasse conceitos matemáticos para solucionar a questão levantada. Em seguida, interpretaram a informação de que “a produtividade média nas lavouras brasileiras se mantém em 800 kg/ha”, em termos matemáticos. Encontraram o modelo matemático para tal afirmação e, ainda, estudaram o conteúdo de funções partindo do conceito, até a expressão analítica. Assim, destacam-se dois itens do quadro I: Características da Pessoa Criativa, Criatividade em Matemática: habilidade para perceber problemas a partir de uma situação matemática e formular questões que possam responder a esses problemas e habilidade de elaborar modelos matemáticos.

A autora explicita que “a etapa da análise crítica dos resultados permitiu aos alunos desenvolverem sua criticidade e analisarem a validade dos conteúdos matemáticos com a realidade em questão”. Salienta ainda que “como as conclusões e análises demoraram um pouco para acontecer, alguns alunos [...] propuseram que o professor retornasse aos conteúdos e exercícios da apostila em

todas as aulas e que a metodologia da Modelagem Matemática fosse abandonada alegando muito trabalho e que tinham que pensar muito nas aulas de Matemática” (SOISTAK, 2006, p. 70).

O relatado anteriormente, por mais que pareça algo negativo, que os alunos não estavam gostando da nova metodologia, pode-se analisar de maneira positiva. Os alunos alegaram muito trabalho e excessivo esforço mental, o que mostra que a aula de Matemática conduzida da forma tradicional deixa os alunos acostumados a não refletirem sobre o que estão fazendo, e sim apenas a reproduzirem os exercícios, conforme as “dicas” do professor. Quando se deparam com uma forma diferente de participação nas aulas em que necessitam pesquisar, propor idéias, participar ativamente como sujeito do processo ensino-aprendizagem, manifestam certa rejeição. O que mostra que a Modelagem Matemática, ao romper com a visão linear de currículo, enseja procedimentos mais reflexivos por parte do professor e dos estudantes.

A professora conversou com os alunos sobre a oportunidade de aprendizagem diferenciada da Matemática proporcionada pela Modelagem Matemática e a possibilidade de plantação de soja numa área de doze alqueires no colégio, isso “despertou novamente o interesse desses alunos que haviam se desmotivado por algum tempo. Pois já que iriam plantar soja no colégio, eles poderiam relacionar os conteúdos aprendidos na sala, não só na Matemática, mas também em outras disciplinas com a prática que lhes estava sendo proporcionada” (SOISTAK, p. 70).

Observa-se na descrição anterior que, provavelmente, foi despertado o interesse dos alunos com relação à atividade de Modelagem pelo fato deles poderem relacionar os conhecimentos escolares com atividades do cotidiano. Possivelmente os estudantes sentiram-se motivados, em virtude da cultura de soja fazer parte do dia-a-dia deles.

Os alunos solicitaram que os grupos fossem subdivididos pois, com três participantes, haveria maior entrosamento e participação para realização do trabalho. A seguir, foi proposta a seguinte situação “fazer o levantamento do que precisa e de quanto precisa para plantar soja numa área limitada por 2 km de perímetro” (SOISTAK, p. 70). “Esse questionamento fez com que os grupos tivessem que encontrar a área que seria plantada para poderem calcular a quantidade de sementes e as

dúvidas e discussões surgidas nos grupos foram muito importantes para despertar um interesse maior em se envolver e resolver a situação problema” (SOISTAK, p. 70).

Foi possível inferir que a professora lançou uma situação-problema para que os alunos encontrassem a solução. Possivelmente, eles utilizaram as capacidades do pensamento criativo, descritas por Torrance (1976): tomaram consciência do problema, pensaram em soluções e submeteram à provas. Outro fator importante é que ao deparar-se com uma situação real, à qual tinham que propor soluções, os estudantes sentiram-se mais motivados e com maior interesse pelo problema. Isso pode ter contribuído para que se dedicassem e se envolvessem mais com o trabalho.

“Os próprios alunos sentiram a necessidade de conhecer melhor as medidas agrárias e sobre esse assunto realizaram uma nova coleta de informações. Durante a explanação da coleta de informações o professor questionou junto a eles como surgiram os sistemas de medidas e como fazer para realizar tais medidas, bem como foram levantadas todas as relações existentes entre as medidas oficiais (metro e seus derivados) e arbitrárias (litro, braças, palmos,...)” (SOISTAK, p.71). “O envolvimento da família de alguns alunos foi necessária e muito bem vinda, pois muitos pais originários de regiões agrícolas conhecem as medidas usadas na agricultura como braça, alqueire, litro e os alunos questionaram em casa e trouxeram as respostas para discussão e análise em grupo” (SOISTAK, p. 71). A equipe teve que esclarecer algumas dúvidas com o técnico agrícola do colégio e com a agrônoma e também professora da disciplina de horticultura sobre o plantio.

Esse trecho comprova o dito anteriormente. Pela descrição, pode-se admitir que houve a dedicação, o esforço e o envolvimento dos estudantes no trabalho, tendo em vista que eles próprios consideraram necessário pesquisar mais sobre o assunto, questionar a família e outros profissionais da área.

Durante o processo de Modelagem ocorreu um contratempo, pois “a área que seria cedida para plantação foi embargada e a plantação não foi executada” (SOISTAK, p. 71). Porém, a pesquisadora relata que “a aplicação da Modelagem Matemática fez com que os alunos continuassem seus cálculos e chegassem as conclusões, validações e análises críticas dos seus resultados, mesmo não havendo a prática da plantação do soja” (SOISTAK, p. 71).

Com relação à atividade de forma geral, destaca-se que nas passagens em que os estudantes manifestaram sua opinião de que não estavam gostando da forma de ensino o professor não ignora essas reclamações mas, ao contrário, conversa com os estudantes e argumenta sobre a “oportunidade de aprendizagem da Matemática proporcionada pela Modelagem Matemática”. Isso demonstra a postura dialógica do professor que, conforme Torrance (1976), desempenha o papel de “ser um guia” e não guiar como verbo transitivo no sentido de estímulo-resposta.

Salienta-se que o grupo utilizou processos heurísticos para desempenhar a atividade, pois a professora não estabeleceu modelos prontos para os alunos seguirem. Pelo contrário, todos os participantes (estudantes e professor) tiveram que colaborar para levantar os problemas e buscar as soluções, os quais não tinham de antemão. O papel do professor foi fundamental para incentivar os estudantes a prosseguirem na atividade.

2.2.3 DESCRIÇÃO E ANÁLISES SOBRE A DISSERTAÇÃO ‘A PRODUÇÃO DE DISCUSSÕES REFLEXIVAS EM UM AMBIENTE DE MODELAGEM MATEMÁTICA’ – TEMA: FATURA DE ÁGUA

Neste trabalho de Modelagem Matemática a pesquisadora acompanhou as disciplinas de Metodologia e Estágio Supervisionado II e III, de um curso de licenciatura em Matemática. Todos os alunos deveriam realizar uma atividade de Modelagem nas turmas em que lecionavam, assim, ela escolheu uma determinada professora para acompanhar as aulas, nas quais seriam desenvolvidas atividades de Modelagem. A professora lecionava numa escola pública no município Coração de Maria, BA, que apresentava várias dificuldades como lousa gasta, cadeiras quebradas, entre outras. A turma escolhida foi uma 6ª série do Ensino Fundamental com faixa etária entre 12 e 13 anos. Como a escola conduzia um projeto de Meio Ambiente, fazia-se necessário que o trabalho fosse voltado para esse assunto, logo, a professora escolheu o tema “fatura de

água”. A coleta dos dados deu-se através da observação da pesquisadora, com anotações e filmagem de um grupo de seis alunos (equipe sorteada para pesquisa) em sala de aula executando o trabalho proposto pelo professor. A pesquisadora não participou das atividades desenvolvidas na equipe.

Inicialmente a professora solicitou aos alunos que trouxessem uma fatura de água de suas casas, que seria analisada junto com a fatura da residência da professora e da escola. A professora inicia a aula indagando aos alunos sobre a fatura de água: se eles sabem como é feita, o que pagam e por que pagam, etc. Então a professora propôs a seguinte atividade: “agora, cada um vai olhar, em equipe, a fatura da conta de água, e destacar três itens que mais chamaram a atenção de vocês. Depois disto, cada um vai colocar no quadro o que cada equipe destacou” (SANTOS, 2007, p. 61).

“Após algum tempo, a professora solicitou que as equipes apresentassem os seus resultados. Cada uma delas dirigiu-se à lousa e escreveu três itens de interesse que desejava explorar. Como resultado as equipes listaram os respectivos aspectos abaixo:

- Equipe 1: qualidade de água, hidrômetro, não quitamento de débitos anteriores;
- Equipe 2: consumo de água, média mensal, barra de cálculo e itens;
- Equipe 3: período do consumo, vencimento, total a pagar;
- Equipe 4: leitura e consumo dos últimos meses, unidade do consumo, inscrição e matrícula;
- Equipe 5: especificação do consumo de água, parâmetros, consumo;
- Equipe 6: parâmetro, hidrômetro, localização;
- Equipe 7: unidade de consumo, hidrômetro, informação de pagamento de conta, multas e juros.” (SANTOS, 2007, p. 62)

A partir da análise desses dados empíricos supõe-se que a professora utilizou a técnica “tempestade de idéias” para iniciar a atividade na classe. Os estudantes tiveram que levantar os aspectos que mais chamavam atenção sobre a fatura de água para que depois fossem estudados. A professora incentivou os alunos a comunicarem suas idéias, debaterem o tema em equipe, favorecendo dessa forma o desenvolvimento da autonomia e

liberdade de ação dos estudantes. Todos esses aspectos constituem-se facilitadores do desenvolvimento da criatividade dos envolvidos com o trabalho.

“Após a listagem dos aspectos acima, a professora selecionou os itens mais recorrentes e colocou-os em ordem de importância para a turma, estabelecendo o seguinte: primeiro, o consumo; segundo, parâmetros; e terceiro, hidrômetro. Na sequência, a professora pede para a turma analisar a conta de água e, em seguida, apresenta a fatura do consumo mensal de água de sua própria residência e a da escola. A seguir, a professora apresenta a próxima tarefa: *Vamos começar a atividade com a escolha, em cada equipe, de um colega para verificar o seu consumo em casa durante uma semana, de amanhã [quinta-feira] até a próxima semana, na quarta-feira. Vamos também escolher um colega da equipe para verificar o consumo da escola*” (SANTOS, 2007, p. 62).

Logo os alunos iniciam um diálogo a fim de se organizarem para cumprir a tarefa. Do grupo 5 (grupo sorteado), fica um aluno para verificar o consumo da casa e outro da escola. “Neste momento, a professora se aproxima do grupo, e convida a todos para ir à área externa da escola, onde se localiza o hidrômetro. Ela iria mostrar e explicar o funcionamento deste equipamento aos alunos. Uma vez que todos estão reunidos no local onde o hidrômetro da escola estava instalado, ela inicia uma explicação sobre o mesmo”. A professora retorna com a turma para sala de aula e explica como os alunos deverão anotar o consumo da casa e da escola (SANTOS, 2007, p. 63).

Na aula seguinte, a professora solicitou aos estudantes que colocassem no quadro os valores coletados desconsiderando da equipe 1 e 7, que tiveram problemas na coleta, conforme o quadro a seguir, apresentada pela residência da equipe 5:

Data	n.º preto	n.º vermelho	dia da semana
24.08.06	731	202	quinta-feira
25.08.06	731	301	sexta-feira
26.08.06	731	522	sábado
27.08.06	731	522	domingo
28.08.06	731	900	segunda-feira
29.08.06	731	902	terça-feira
30.08.06	732	883	quarta-feira

“Após as anotações dos alunos na lousa, a professora solicitou que eles observassem o que lá estava escrito, para iniciar as discussões referentes à fatura da conta de água e como esta era feita. Ela

explicou o que aconteceu com as equipes 1 e 7, o que não atrapalharia a continuidade do trabalho. A seguir a professora foi ao quadro e solicitou aos alunos de cada equipe que dissessem quantas pessoas moravam nas residências pesquisadas, e anotou-o ao lado das leituras de consumo de cada equipe, com o propósito de comparar a quantidade de pessoas com o valor do seu consumo. Como resposta, a professora ouviu primeiramente que na casa pesquisada pelo grupo 4 moravam 3 pessoas, no grupo 5 moravam 2 pessoas, no grupo 6 eram 4 pessoas morando na casa e, no grupo 2, eram 3 os moradores” (SANTOS, 2007, p. 68).

“Após anotar na lousa o consumo da semana e a quantidade de pessoas da casa de cada equipe, a professora voltou a atenção da turma para o item consumo, mais particularmente para o modo como a fatura da conta de água era feita. Inicialmente a professora questiona se os alunos sabiam como era feita a conta de água. Todos respondem que não o sabiam e continuam ouvindo os outros questionamentos e considerações da professora. Nem todos, porém, tinham o mesmo comportamento. Dois alunos desta equipe mantinham uma conversa sobre outros interesses” (SANTOS, 2007, p. 68).

A professora chama a atenção dos alunos para as tabelas que as equipes registraram no quadro, a fim de comparar os resultados das residências de cada equipe. “Para este fim, ela começa a desenvolver o cálculo na lousa, lembrando para os alunos o que explicou sobre o hidrômetro na primeira aula. Neste momento, todos os alunos das equipes estavam atentos, pois o hidrômetro estava na mão da professora, e em seguida ela permite que ele passe de mão em mão para exame” (p. 68). Primeiramente a professora reforça a idéia de como a EMBASA³ desenvolve o cálculo, ou seja, a fatura da conta de água, para que os alunos façam da mesma forma. “Para explicar como os cálculos eram desenvolvidos, a professora organiza a operação na lousa, descrevendo devagar e de forma enfática cada passo. A equipe 5 (a que estava sendo observada) mantinha-se atenta” (SANTOS, 2007, p. 69).

O relato do parágrafo anterior pode significar que a professora explicou aos estudantes como fazia o cálculo da fatura de água para que fizessem da mesma forma. Essa descrição de ‘faça conforme o modelo’ remete ao ensino tradicional da Matemática, a diferença é que, neste caso, o grupo estava abordando uma situação real, contextualizada.

³ Empresa Baiana de Saneamento

Essa postura da professora, possivelmente, não se constitui em facilitadora da criatividade dos estudantes, tendo em vista que eles estão realizando uma tarefa algorítmica e não heurística, conforme Amabile (1996) em Virgolim (2007).

“Os alunos da equipe 5 faziam os cálculos juntos, ajudando uns aos outros. Mais particularmente, a aluna Mariana⁴ se destacou na habilidade de realizar cálculos matemáticos, e sempre se disponibilizava a auxiliar os colegas. A professora percorria a sala, verificando a execução dos cálculos pelas equipes” (SANTOS, 2007, p. 69). “Após auxiliar as colegas da própria equipe, Mariana foi chamada pela equipe 4 para explicar como era realizada a operação de subtrair. Quando ela acabou a explicação de como os cálculos eram desenvolvidos, passou a observar os resultados das outras equipes, notando que os valores eram diferentes do seu” (SANTOS, 2007, p. 70).

Consta no relato que os integrantes da equipe 5 travaram discussões acerca dos valores encontrados sobre o consumo de água e a diferença de resultados encontrados comparando com as outras equipes. (SANTOS, 2007).

Novamente a descrição sugere um trabalho em grupo e a comunicação entre os estudantes sobre o cálculo da fatura de água. O trabalho realizado em equipe pode ser um facilitador do potencial criativo.

“Ao tempo que a equipe comentava sobre os resultados encontrados, a professora solicitou aos alunos que disponibilizassem os cálculos encontrados em equipe no quadro. Mariana estava com receio de ir ao quadro devido às conjecturas levantadas internamente, em equipe. Todas as equipes, menos a 3, pois era a conta de água da escola, se dirigem ao quadro para anotar os valores encontrados”. Em seguida a professora começa a estabelecer relações entre consumo de água e quantidade de pessoas que moram na residência (SANTOS, 2007, p. 71).

“Após a análise da conta de água da casa da aluna da equipe 5, a professora começou a analisar a conta de água da escola com o cálculo da equipe 3. Ela aponta que o valor neste mês foi muito alto em relação aos meses anteriores, e enfatiza que os alunos estão desperdiçando água. Com a tabela de tarifas em mãos ela explica aos alunos que a escola gastou 24 m³, conforme a fatura em suas mãos. Aproveita o momento e explica que para o consumidor doméstico o consumo de água custa R\$0,91 por m³, e para a escola o m³ custa R\$3,20. Após a explicação, ela solicita que todos peguem a

⁴ Nome fictício, segundo a autora.

tabela de tarifa e vejam as diferenças entre os valores. Neste momento, o aluno da equipe 2, Felipe, questiona quanto à diferença entre o valor cobrado para conta de casa e de prédio público. Em seguida, a professora chama a atenção para a pergunta desse aluno, demonstrando que sua fala era importante para o que estavam estudando” (SANTOS, 2007, p. 72).

A professora propôs como tarefa analisar os cálculos relativos ao consumo de água da casa onde a leitura do consumo no hidrômetro foi realizada, e solicitou para todos que descobrissem uma forma de evitar o desperdício (SANTOS, 2007).

Na aula seguinte a professora criou um problema, extraído de um livro didático oferecido pela professora de português, que continha uma reportagem de jornal intitulada “Economia de água, não desperdice”. Nessa reportagem constava uma tabela em que estavam descritas as atividades domésticas, o tempo e a quantidade de litros de água consumidos e, ainda, sugestões para economizar água. “A professora apresentou para os alunos, escrevendo na lousa, a situação de uma família inspirada pela reportagem, cujo valor do salário mínimo, no ano de 2006, era de R\$ 350,00, e perguntou para todos quanto era necessário economizar, no caso economia de água, e pagar todas as despesas na casa daquela família criada com um salário real” (SANTOS, 2007, p. 74).

Os dados no quadro foram colocados da seguinte forma:

“Verônica - para lavar a louça levou 30 minutos

Sandra - levou 30 minutos regando o jardim

Tadeu - quando foi lavar o carro levou 1 hora ou 60 minutos

Orlando - ficou 45 minutos lavando a calçada” (SANTOS, 2007, p. 75)

Após escrever na lousa o problema, a professora solicitou que colocassem a reportagem na carteira para começar a desenvolver os cálculos. E falou o seguinte: *“agora que eu coloquei esta situação, vocês vão pegar as duas tabelas [texto ‘Economia de água: não desperdice!’ e tabela de tarifas]. Vocês vão calcular quanto de água foi gasto nesta residência, aqui são os meus quatro filhos desperdiçando água o tempo todo. Então, eu quero saber de vocês se este comportamento que eles têm, no final de 30 dias, está de acordo com as tabelas. E qual é o valor que eles vão pagar?”* (SANTOS, 2007)

Pela descrição pode-se inferir que a professora não deu oportunidade aos alunos de criarem problemas. A fala: *“agora que eu coloquei esta situação, vocês vão pegar as*

duas tabelas [...]”, evidencia que foi a própria docente que criou a família fictícia e apontou quanto tempo cada membro da família tinha consumido água. Em seguida ela explicitou exatamente o que os estudantes deviam calcular e como eles deviam fazer, com base numa situação já posta. Essa postura da professora pode não ter oportunizado o desenvolvimento de habilidades relacionadas à criatividade como, por exemplo, a sensibilidade a problemas e conseqüentemente, as outras habilidades do pensamento criativo, descritas por Guilford (1950, 1975).

“A seguir, foi ao quadro e explicou como cada cálculo era desenvolvido, depois de ter passado em cada equipe e ter verificado como estava sendo feita a atividade, e se tinham alguma dificuldade. A questão principal percebida nesta situação era que Joana⁵ queria calcular o consumo de água da família que criou, durante um mês, pois é o tempo entre uma fatura de conta de água e outra, para o pagamento da mesma, e solicitou aos alunos que seguissem a tabela. Seguindo as especificações conforme a tabela residencial e pública, Joana propôs como questão para os alunos calcular o valor a ser pago do consumo de água daquela família durante um mês. Como na tabela também é informado o valor da taxa de prédio público, decidiu por solicitar aos alunos que calculassem o valor a ser pago pela escola” (p. 75). “Não há questionamentos entre os alunos. Então, como todos estão olhando para o quadro, ela continuou a explicação, escrevendo no quadro e expondo para os alunos como desenvolvia a atividade. Como o tempo da aula havia terminado, a professora preferiu deixar o restante da atividade para a aula seguinte” (SANTOS, 2007, p. 76).

As descrições ensejam que a professora manteve-se a frente em todos os momentos da atividade. Visto que, ela criou a situação, decidiu o que os alunos deveriam fazer e mostrou como fazer para que, então, eles chegassem a resposta por ela desejada. Essa forma de procedimento adotado pela professora corrobora e reafirma a algorítmica que alunos estavam desenvolvendo, e não heurística, pois não tinham que pesquisar nada e muito menos descobrir, somente fazer os cálculos de maneira correta. Além disso, pela leitura do relato, a professora não oportunizou a liberdade para os estudantes pudessem

⁵ Nome fictício da professora, segundo a autora

propor situações não favorecendo, dessa forma, a autonomia e ainda não incentivou o espírito de pesquisa.

Segundo Santos (2007), na aula seguinte a professora escreve no quadro o modelo para cálculo da conta de água, conforme a tabela abaixo:

Etapas (e)	Faixa de consumo	Diferença da faixa de consumo	Residencial (1.2)	Cálculo ²⁴	Valor total
1	até 10	1	R\$ 9,10	1 x 9,10	R\$ 9,10
2	11 < x < 15	5	R\$ 2,17	5 x 2,17	R\$10,85
3	16 < x < 20	5	R\$ 2,32	5 x 2,32	R\$11,60
4	21 < x < 25	5	R\$ 2,46	5 x 2,46	R\$12,30
5	26 < x < 30	5	R\$ 2,50	5 x 2,50	R\$12,50
6	31 < x < 40	10	R\$ 2,59	10 x 2,59	R\$ 25,90
7	41 < x < 50	10	R\$ 2,67	10 x 2,67	R\$ 26,70
8	x > 50	(x- 50)	R\$ 3,08	x=82(32 x 3,08)	R\$ 98,56

Tendo em vista a família criada e a tabela que constava na reportagem “Economia de água, não desperdice”, a professora escreveu as seguintes questões no quadro:

Verônica- Para lavar a louça levou 30 minutos. Logo, 117 litros a 30 minutos são 234 litros consumidos;

Sandra- Levou 30 minutos regando o jardim. 186 litros a 30 minutos representam 558 litros consumidos;

Tadeu- Lavou o carro em 1 hora, ou seja, 60 minutos. 560 litros a 60 minutos computam 1.120 litros consumidos;

Orlando - Ficou 45 minutos lavando a calçada. 279 litros a 45 minutos totalizam 837 litros consumidos.

A professora somou o consumo de água de todos da família, perfazendo um total de 2479 litros. O valor precisava ser expresso em metros cúbicos, a professora explicando no quadro, transformou o valor, encontrando 82,47 metros cúbicos. Voltou a tabela anterior e explicou que se enquadraria na etapa 8. Chegaram ao valor de 98,56, somando todas as etapas verificaram o total de R\$207,51 a pagar em um mês da fatura de água, pela família criada pela professora inspirada na reportagem (SANTOS, 2007).

Pela descrição apresentada pode-se inferir o mesmo procedimento adotado pela professora: apresenta a tabela, faz os cálculos no quadro, transforma litros em metros

cúbicos e chega à resposta. Possivelmente os estudantes apenas prestaram atenção e tentaram acompanhar o raciocínio da professora, não tiveram que empreender nenhum esforço para colaborar na atividade, nem desenvolver os cálculos matemáticos. Muitas das habilidades relacionadas à criatividade, que poderiam ser exploradas deixaram de ser, tendo em vista que os alunos ficaram numa situação de passividade, como meros ouvintes.

A seguir, a professora começou a questionar os alunos perguntando: *“Quantas pessoas tem esta família? [família criada]. São quatro pessoas participando da situação, ainda tem o Pai e a Mãe. Então, nesta família que estamos fazendo como hipótese tem 6 pessoas. O que fazer para economizar e pagar menos?”* (SANTOS, 2007, p. 79).

Nilza⁶ falou: “pede empréstimo para pagar”, outra aluna exclamou: “molhar a planta só um dia”. A professora argumentou perguntando se a matemática que eles estudam ajuda a se endividarem, complementou ainda: “tem de economizar água, porque um dia a água vai acabar”. Nilza argumentou ainda: “Professora, um salário mínimo não dá para quase nada lá em casa. Ainda tem que pagar este valor de água que a senhora calculou aí no quadro. Tem que pegar empréstimo”. A professora solicitou que cada equipe desse sugestões sobre a condição de seis ou quatro pessoas passarem o mês com o salário mínimo. Segundo a pesquisadora: “As equipes buscavam uma forma de solucionar um problema criado, ajustando-o a situações reais que eram o seu parâmetro. Após o tempo dedicado pela professora para a socialização das equipes, ela solicitou aos alunos que dessem a sua resposta” (SANTOS, 2007, p. 81).

A professora tomou as sugestões da equipe 4 e escreveu no quadro:

Luz R\$ 15,00

2 k feijão R\$ 2,80

2 k arroz R\$ 3,00

1k açúcar R\$ 1,10

Sal R\$ 0,50

1k de macarrão R\$ 1,50

Óleo R\$ 2,80

Gás R\$ 33,00 = Total R\$ 79,79

⁶ Nome fictício da aluna, segundo a autora

A professora falou que com essa quantidade de comida não dá para uma família passar o mês e fez as seguintes relações: se a família gastou 207,51 em água e 79,79 em comida, sobrou 72,70. A professora sugeriu aos estudantes que analisassem a fatura de água, que deveria ser economizada (SANTOS, 2007).

Quando a professora solicitou que cada equipe considerasse a possibilidade de seis ou quatro pessoas passarem o mês com o salário mínimo, observa-se uma tentativa de instigar os estudantes para resolver um problema que é real em muitas famílias brasileiras. Assim, possivelmente, eles valeram-se das capacidades básicas do pensamento criativo descrito por Torrance (1976), que é tomar consciência de problemas, pensar em possíveis soluções e submetê-las à prova. A equipe 4 apresentou uma lista com as necessidades básicas para a família e calculou o total a ser gasto expondo, dessa forma, uma possível solução para o problema. Porém, essa postura adotada pela professora durou pouco tempo pois, em seguida, retomou o processo centralizador ao falar que a quantidade de comida não dá para a família passar o mês, fazer o cálculo do dinheiro que vai sobrar considerando a fatura de água e as outras despesas, e afirmar que a solução é economizar água. O que, provavelmente, não contribuiu para que os alunos a fizessem uma reflexão sobre a situação-problema. Ela poderia ter questionado mais os alunos sobre a quantidade de comida e a fatura de água, para que eles próprios chegassem à conclusão.

Na aula seguinte a professora chamou atenção dos alunos para tabela da EMBASA, e disse que se gastar até 10m³, paga-se 9,10 em residência, e exclamou: *“vejam bem, o que eu quis mostrar a vocês foi que vocês podem saber como pagar a conta de água, e para que, sabendo como se paga, entender por que a conta de água é importante, e como podemos economizá-la. O que vocês acharam da atividade?”* (SANTOS, 2007, p. 86).

Sobre a pergunta da professora, do que eles acharam da atividade, surgiram vários comentários: *“professora, eu quis aprender porque eu estou ensinando aos meninos de lá da rua a fazer contas. E porque eu vou agora verificar não só se está certo o valor da conta de água, mas se tem alguém desperdiçando água, pois não quero morrer de fome”. “Sabe, pró, foi muito importante estas aulas, porque eu entendi o quanto eu posso ajudar lá em casa com as despesas. Eu não ligava muito para isso”.*

“Eu adoro brincar na água, acho que agora vou esperar chover”. “Não sei, não. Acho que não tem muita gente que saiba que é assim que faz os cálculos para saber quanto vai pagar de água” (SANTOS, 2007, p. 86).

Pela fala dos alunos, percebe-se que eles adquiriram certa consciência ambiental quanto à economia de água. E também, possivelmente, tenha contribuído para um melhor entendimento sobre o cálculo da fatura de água. Esses são conhecimentos importantes para a vida deles. Todavia, durante toda a atividade, a professora explorou poucas as capacidades de levantarem problemas, proporem idéias e soluções, enfim, de colaborar com a aula mais ativamente. Em poucos momentos ela deu liberdade para que isso ocorresse, dessa forma, não contribuiu para o desenvolvimento da autonomia dos estudantes.

As descrições realizadas ressaltam que a maioria das tarefas que os estudantes desempenharam foi algorítmica e não heurística, isto é, já estava tudo pré-estabelecido, o caminho que deveriam seguir e a resposta que deveriam encontrar. Houve momentos em que a professora deixou de estimular as habilidades do pensamento criativo, tais como fluência, flexibilidade, avaliação, entre outras, descritas por Guilford (1950, 1975), nos estudantes. Assim, nessa aplicação de Modelagem Matemática em sala de aula, houve pouco estímulo do potencial criativo dos estudantes.

2.2.4 DESCRIÇÃO E ANÁLISES SOBRE A DISSERTAÇÃO ‘MODELAGEM MATEMÁTICA NO CÁRCERE’ – TEMA: CONSTRUÇÃO CIVIL

Nessa pesquisa a autora Martha Joana Tedeschi Gomes desenvolveu uma aplicação de Modelagem Matemática com alunos detentos do Ensino Fundamental do 2º Segmento da Penitenciária Estadual de Piraquara, de regime fechado e segurança máxima, e na Colônia Penal Agrícola, de regime semi-aberto, na cidade de Piraquara, PR. A autora

atuou como docente na aplicação da Modelagem. Ela justifica o tema abordado para realização da atividade explicitando que “a ação pedagógica, na perspectiva da Modelagem Matemática, foi desenvolvida sobre a construção civil, tendo em vista que um terço da população carcerária hoje existente no Estado do Paraná advém desta profissão” (GOMES, 2005, p. 8).

Segundo a autora, “os sujeitos desta pesquisa constituem-se em 05 (cinco) alunos detentos do Ensino Fundamental do 2º segmento da Penitenciária Estadual de Piraquara, de regime fechado e de segurança máxima; e de 01 (um) aluno detento da Colônia Penal Agrícola, de regime semiaberto” (GOMES, 2005, p. 16). Dessa forma, foram apresentados seis trabalhos produzidos pelos estudantes durante a realização das atividades.

Conforme o relato, a pesquisadora salienta que **“ao iniciar o ano letivo propus aos alunos uma forma diferenciada de trabalho. Falei da minha intenção de verificar os saberes relativos à Matemática por eles adquiridos na sua vida profissional e cotidiana, na área da construção civil. A princípio sentiram-se inseguros e curiosos. A pergunta mais ouvida foi: como vamos fazer?”** (GOMES, 2005, p. 26).

Primeiramente, para que a docente pudesse conhecer o grupo, solicitou que os alunos respondessem um questionário com informações pessoais, idade, escolaridade, familiares, experiência profissional, entre outras. Em seguida entregou a cada um dos estudantes uma cópia das leis que regem o zoneamento de Curitiba e normas de CREA-PR. Juntos começaram a leitura que, segundo ela, foi **“diversas vezes interrompida para solicitar esclarecimentos sobre o significado de alguma palavra por eles não compreendida. Entretanto, percebi a matemática inserida em vários aspectos da regulamentação, em especial os conteúdos de geometria, que lhes pareciam familiares, pelos comentários que faziam de como costumavam proceder em seus antigos ambientes de trabalho com relação ao que ali estava escrito. Estes comentários me causavam surpresa, pois eu não havia iniciado o conteúdo da referida disciplina para o segundo segmento do ensino fundamental”** (GOMES, 2005, p. 26).

A pesquisadora continua relatando: “deixei-os à vontade para trocarem idéias e, em seguida, distribui a cada um o seguinte material: papel sulfite, lápis preto, lápis de cor, borracha e régua. Propus a seguinte atividade: projetar uma residência unifamiliar de até 70 (setenta) metros quadrados em conformidade com as leis estudadas. Para que os alunos pudessem trabalhar com tranquilidade não fixei prazo para a entrega do projeto. Apenas salientei que o mesmo deveria ser executado durante o período de nossas aulas. Durante o tempo que levou para a execução deste trabalho não emiti opinião ou ofereci qualquer tipo de explicação, e, quando solicitada, limitava-me a responder-lhes de forma evasiva e algumas frases prontas como: *está bom! Que bom você conseguiu! Vá em frente! Continue!* Em alguns momentos sentia-os inseguros, e como não obtiveram junto ao professor respostas para as suas inquietações, notei no início, e posteriormente, por meio da consolidação da integração que houve no grupo, que a troca de opiniões e esclarecimentos de dúvidas era uma constante entre eles. Finalmente após 15 (quinze) horas de aula e depois de recorrerem às anotações das aulas da disciplina e Educação Artística, para escolherem as cores que melhor gostariam de pintar suas casas, entregaram-me orgulhosos os seus modelos” (GOMES, 2005, p. 26 e 27).

Esse relato da pesquisadora denota que ela deu total liberdade aos estudantes para desenvolverem a atividade, até ausentando-se em dar explicações sobre o conteúdo matemático e outras informações. Fato que consta na declaração “durante o tempo que levou para a execução deste trabalho não emiti opinião ou ofereci qualquer tipo de explicação e, quando solicitada, limitava-me a responder-lhes de forma evasiva e algumas frases prontas como: *está bom! Que bom você conseguiu! Vá em frente! Continue!*” (GOMES, 2005, p. 26). Ela apenas os incentivava a continuarem desenvolvendo os projetos das casas. Essa forma de proceder da professora pode ter favorecido a autonomia e liberdade dos estudantes para produzirem os projetos e, ainda, precisarem recorrer aos conhecimentos escolares e da experiência cotidiana. A postura adotada pela professora foi o primeiro passo para que a criatividade dos estudantes fluísse livremente. Além disso, a tarefa que desempenharam foi integralmente heurística, tendo em vista que eles não tinham modelo pronto para seguir e precisavam criar a planta da casa, obedecendo às normas legais. Outro fator importante é que, em consequência da postura que a professora assumiu

durante a realização da atividade, os estudantes necessitaram trocar idéias com os outros colegas sobre o projeto e a comunicação é um aspecto essencial para o desenvolvimento da criatividade.

O relato de que os estudantes entregaram orgulhosos os seus modelos remete ao autoconceito, o qual deve ter melhorado com relação às próprias potencialidades. Provavelmente eles perceberam que são capazes de criar algo útil e valioso. Além disso, é possível que muitos deles nunca tinham feito uma planta de casa, assim, foi uma experiência nova e diferente que eles enfrentaram.

Em Gomes (2005) constam as plantas das casas e as anotações originais de como iriam construir a casa, os materiais e as ferramentas necessárias, entre outras informações, produzidas pelos seis estudantes selecionados e as considerações sobre cada trabalho da pesquisadora. Essas considerações serão descritas a seguir:

1º Trabalho

O aluno “escolheu para executar seu trabalho um terreno de metragem mínima estipulada de 12x30 o que totaliza 360 metros quadrados, e, sobre ele projetou uma residência unifamiliar 8x9m o que totaliza 72 metros quadrados. Nota-se em seu trabalho que o mesmo possui noções intuitivas de estética e desenho. Utiliza entes geométricos como ponto, reta, plano, paralelismo, perpendicularismo e figuras geométricas tais como o retângulo, quadrado, triângulo, semi-circunferência. Entretanto percebe-se que não consegue fazer a relação entre medida linear e de área, pois estipula para sua casa 70 m², a desenha com 72 m² e a declara com área total de 69 m². Em seu trabalho percebe-se a noção do tridimensional, pois assim escreve ao se referir à parte da frente e de fundos da casa: *“como ela tem 8m vou colocar uma viga de 10 x10cm a cada 2m na vertical. e na horizontal vou colocar duas amarrações de 10 x10x10 cm. E as sapatas vão ser de 30cmx30cm e vão ficar com 80 cm de profundidade”*. Sugere possuir conhecimentos básicos sobre o sistema métrico decimal. Em sua lista de ferramentas encontram-se, entre outras, a mangueira de nível, régua, esquadro, e o metro dando margem à dedução que o mesmo possui algum conhecimento sobre ângulos” (GOMES, 2005, p. 37) (sic).

2º Trabalho

Apresenta “um projeto em um terreno de 340 metros quadrados, medindo 17 x 20 m, onde projetou uma residência de 70 metros quadrados com metragem 7x10m, dentro das normas estudadas. Seu trabalho sugere que o mesmo possui noção de área total e área útil de uma casa, sendo esta apresentada com 66,90 metros quadrados, o que não representa a realidade em termos de metragem total, entretanto, em seu projeto verifica-se que o mesmo considerou as medidas internas para efetuar o cálculo, e, apesar de ter utilizado medidas exageradas para representar a espessura das paredes, as identifica de forma clara em seu desenho. Apresenta noções de ponto, reta, plano, paralelismo, perpendicularismo, como também, de figuras geométricas como retângulo, quadrado, triângulo e circunferência. A utilização de proporcionalidade e intuição evidencia-se quando escreve como fazer a massa para reboque “ *1 ou 2 sacos de cimento, 3 sacos de massa fina, 6 carrinhos de areia e água, misturar tudo e deixar descansar, há a massa gorda e a massa magra + cimento e - cimento*”. E declara “*aprendi um pouco olhando os pedreiros, quando mais jovem trabalhei de servente de pedreiro*”. Demonstra saber utilizar corretamente as ferramentas destinadas a aferir, quando as descreve ao fazer o “afundamento” da casa, entre elas encontra-se o esquadro, o que leva a crer que possui alguma noção de ângulo” (GOMES, 2005, p. 43) (sic).

3º Trabalho

“O aluno declara ter projetado uma residência com área útil de 43,35 metros quadrados. Utiliza figuras geométricas como o retângulo, quadrado e triângulo, entes geométricos como ponto, reta, plano perpendicularismo e paralelismo. Apresenta domínio de conhecimento ao trabalhar com números decimais. Possui noções básicas de profundidade representada pelo desenho da parte frontal da casa e no corte vertical das sapatas fincadas no subsolo. O entendimento que o mesmo tem sobre volume manifesta-se quando o mesmo calcula o volume de uma sapata “*30cm x 30cm e 1,5m de profundidade*”. Este aluno possui firmeza nos cálculos que envolvem operações com multiplicação, evidenciados na forma como os representa, e possui também domínio na utilização de operações com números decimais e inteiros. A compreensão sobre proporcionalidade apresenta-se com a observação “*p/cada m³ de concreto gastei 3 carrinhos de areia + 2 carrinhos de pedra e 1 saco de cimento*”. Em sua relação de ferramentas necessárias para a construção utiliza, para aferir o esquadro, o metro, a trena,

e a mangueira de nível, dando a entender que possui noções sobre ângulos. Declara *“através do tempo que venho trabalhando em minha vida, consegui adquirir algumas experiências básicas e também práticas nas quais estou usando para construir a minha casa que é de 43,35 m², em um terreno 12mx30m=um total de 360m² trabalhando na Prefeitura da cidade de São José dos Campos, São Paulo, aprendias seguintes profissões, Eletricista instalador, encanador, e também no Dpto. De obras como auxiliar de topógrafo e na área de desenho tec. Onde aprendi alguns conhecimentos básicos de desenho (croqui). Apesar de já fazer aproximadamente uns 17 anos atrás, acredito que nada mudou tanto. Nos cálculos de concreto usei os conhecimentos que aprendi trabalhando junto de meu irmão um pouco depois, trabalhando de ajudante de pedreiro na construção civil. E como alguns cálculos numéricos, em que aprendi na 6ª série até nos anos 80 em que saí da escola e só estou voltando agora”* (GOMES, 2005, p. 51) (sic).

4º Trabalho

“Este projeto contempla uma casa de oito cômodos localizada em um terreno de 25 X 16 m e segundo seu autor possui 63,24 m², o que não corresponde com a realidade do desenho que é de 6,20 X 10,20m, executado dentro das normas, conforme representação na planta. Quando descreve a parte da frente e dos fundos da casa apresenta algum entendimento referente à construção civil adquirido na prática cotidiana quando descreve: *“como ela tem 10m vou colocar uma viga de 10cm X 10 cm a cada 2,5m na vertical”* e declara *“tenho algumas noções básicas, pois já ajudei a construir algumas casas”* pois as representou na planta. Este aluno não possui firmeza de conhecimento ao executar as quatro operações básicas. Entre as ferramentas de aferir conhece o esquadro, o metro, a mangueira de nível e o plumo de corda. Utiliza em seu desenho figuras como retângulo, quadrado e triângulo, assim como ponto, reta e plano, paralelismo, perpendicularismo, segmento de reta” (GOMES, 2005, p. 59) (sic).

5º Trabalho

O estudante declara: *“quando eu comesei, eu tinha 12 anos de idade e comesei de servente, Pedreiro e pude observar quando o pedreiro fazia a construção e a forma em que ele fazia e foi assim em que eu aprendi fazer uma casa quer dizer a proximadamente. Só o básico, sempre, Comesando pelo o fundamento, fazendo as valetas, e deixando bem no nível serto, a valeta tem 30 cm de largura e 60 de altura depois começo a sentar as primeiras fiadas de tijolos, mas antes de tudo isso, temos que tirar o esquadrejamento do local em que vamos construir e temos que usar o nível que é a mangueira com água,*

o esquadro e depois de começar a levantar as paredes são usado o nível, plumo. Linha. Depois das paredes erguidas para fazer a lage vai escora de bracing ou senão tesoura para depois por os Etrnite ou telha. Depois vai a massa nas parede ou reboco que nós usamos a régua de alumínio, mas antes para fazer o piso nós temos que deixai o chão bem perelinho para não ficar o piso torto e a casa tem que estar tudo no esquadro para que quando for por os azulejos para dar certo em todos os cantos para não precisar de cortar muito azulejo, eu só escrevi o básico do que eu mas o menos sei fazer...” (GOMES, 2005, p. 67).

Segundo a autora, “utiliza em seu projeto figuras como o retângulo, o quadrado e o triângulo. O tridimensional é representado pelo conhecimento adquirido no cotidiano quando expressa a medida da sapata “30cmX30cm e 1,5 m de profundidade”. Entre as ferramentas de aferição declara conhecer o esquadro, o metro, o plumo de nível e a trena, porém não apresenta conhecimento suficiente na operacionalização das quatro operações básicas” (GOMES, 2005, p. 67) (sic).

6º Trabalho

O aluno relata como adquiriu o conhecimento relativo à construção civil por meio da experiência com o cotidiano e intuição: *“casa 06 por 10 feita na prática de um pedreiro com uma mínima de escolaridade (...) Primeiramente ele faz a planta da casa 2º item. fincar as estacas em todos os cantos esticar a linha no ponto onde vai ser feita a valeta, não esqueça de fazer a valeta, mais ou menos 40 cm fora da linha, isso que dizer que a valeta vai ser 40 cm de largura. Depois das valetas feita, faça um buraco de mais ou menos 1,50 de metro em cada canto da planta, depois estique as linhas repartindo as passas da casa, faça a valeta 40cm da linha para fora (...) (a masseira) Pegue 4 tabuas, coloque-as no chão em forma de uma caixa- e pregue os 4 cantos, esta feita a masseira. Como preparar a massa (...) coloque três carrinhos de areia e puche etoda num canto, deichando um espaço para o cal. Logo em seguida coloque dois saco de cal no espaço que sobrou e coloque água para queimar o cal, em seguida pegue um saco de cimento coloque do lado, depois do cal queimado, misture tudo com a areia, depois deiche um espaço para ir misturando cimento depois base e a mais ou menos a massa, quando você achar que esta adequada para assentar tijolos comesse a fazer. Comessando a parede (...) acentar tijolos de atravessados, umas quatro carreiras. Logo após comesse a parede, acentando tijolos de comprido seguindo a linha (...) Depois da parede feita com na media 2,50 do metro, faça as cacharias em todos os lugares onde foi feito os buracos de 1,50 do metro. Depois de todas as caixarias feita faça o concreto para enche-las. Como fazer o concreto, coloque três carrinhos de areis na masseira, dois carrinhos e meio de pedra*

britada , um saco de cimento e misture com água é só encher as caixarias (...) Depois de secar o concreto tire todas as tábuas (...)” (GOMES, 2005, p. 74 e 75) (sic).

Conforme a autora, “Este aluno ao confeccionar sua planta em um terreno medindo 12X30m não evidenciou conhecimento no que tange ao entendimento das normas estudadas no que se refere ao alinhamento e recuo. Utilizando em seu desenho apenas retângulos e os entes geométricos ponto, reta, plano, paralelismo, perpendicularismo. Em sua lista de ferramentas apresentou o prumo, o metro, trena e o esquadro, porém não apresentou nenhuma das quatro operações básicas que evidenciasse a prática de seu manuseio” (GOMES, 2005, p. 75).

Ressaltam-se nos trabalhos produzidos pelos estudantes a habilidade de elaborar modelos para solucionar situações, a qual foi necessária para a confecção do desenho, bem como a habilidade para elaborar subproblemas específicos a partir de um problema geral, tendo em vista que a tarefa deveria ser executada em partes e observando os detalhes. Em Gomes (2005) constam seis projetos de residência que foram desenvolvidos pelos estudantes, com o registro das idéias produzidas por eles, a forma como procederam até o produto final, em razão disso é possível afirmar que houve elaboração, pela quantidade de detalhes que continham os projetos.

Conforme já mencionado, a tarefa que os estudantes desempenharam foi do tipo heurística. Para confecção das plantas os estudantes necessitaram recorrer a conhecimentos matemáticos, os quais foram descritos pela pesquisadora, e também a conhecimentos de experiências do dia-a-dia, como evidenciam os relatos: *aprendi um pouco olhando os pedreiros, quando mais jovem trabalhei de servente de pedreiro*, entre outros. Essas combinações de conhecimentos que necessitaram fazer a fim de produzir a planta da casa, possivelmente, estimularam suas criatividade. Isso remete à complexidade, habilidade do pensamento criativo, que é o número de idéias inter-relacionadas que o indivíduo pode manipular de uma só vez.

É fundamental observar que o fato do tema da Modelagem ser relacionado à construção civil, e que a própria docente e pesquisadora afirma que um terço da população

carcerária provém dessa profissão, pode ter gerado maior motivação nos estudantes para realização da atividade. Salienta-se que a motivação é aspecto importante para a produção criadora.

Não se pode esquecer que cada estudante apresentou suas particularidades, uns tinham mais domínio da Matemática, outros nem tanto, alguns conseguiram executar dentro das normas, outros não o conseguiram. Porém, observa-se que a experiência cotidiana foi uma constante em todos os trabalhos. Isso leva a inferir que um importante objetivo da Modelagem Matemática foi cumprido: dar significado à Matemática escolar a partir da Matemática do cotidiano. E, apesar das diferenças em relação ao domínio do conteúdo matemático, provavelmente os estudantes melhoraram suas habilidades relacionadas à criatividade.

CONSIDERAÇÕES E PERSPECTIVAS DE CONTINUIDADE DA INVESTIGAÇÃO

Esta seção contempla algumas das considerações relativas aos aspectos identificados e apreendidos de cada trabalho, a partir das leituras dos trabalhos de Modelagem Matemática escolhidos para constituírem o material de análise.

Como já salientado no capítulo dois, os trabalhos analisados não tinham objetivo explícito do aprimoramento de habilidades criativas por parte dos estudantes, mas sim o propósito de aplicar a metodologia em sala de aula. Entretanto, foi possível identificar nas descrições dos trabalhos alguns dos aspectos relacionados à criatividade. A seguir serão feitas considerações sobre cada um dos trabalhos analisados.

Na primeira aplicação de Modelagem Matemática, **quadra de esportes**, observa-se a liberdade de ação dos estudantes em todos os momentos da atividade e, ainda, a tarefa que desempenharam foi em uma perspectiva heurística, tendo em vista que todo o grupo colaborou para levantar os problemas e encontrar as soluções e não somente o professor ficou com essa responsabilidade. Salienta-se que os estudantes e o professor, juntos, decidiam o encaminhamento a ser dado no desenvolvimento da atividade. Conforme o relato, o grupo decidiu: “levantar informações referentes ao tipo de esportes praticados em quadras oficiais e constatar a existência de tais quadras na cidade. Assim, dentro desse contexto, surgiu a idéia da tomada das medidas da quadra de esportes do Colégio e a elaboração de uma maquete” (p.65).

Nessa atividade de Modelagem notou-se pelas descrições que as capacidades do pensamento criativo (segundo Torrance (1976), são tomar consciência de problemas, pensar em possíveis soluções e submetê-las à prova) estiveram presentes durante todo desenvolvimento do trabalho. Quanto aos aspectos fundamentais para produção criadora, propostos por Alencar (2002), a bagagem de conhecimento foi fundamental para

desenvolver o trabalho e, quando os estudantes não sabiam como fazer, o professor auxiliava com explicações sobre o conteúdo matemático e até mesmo recorriam a outros profissionais. As descrições denotam que os estudantes comprometeram-se com o trabalho, dedicaram-se e persistiram nas ações para se chegar ao resultado final.

Sobre a criatividade em Matemática, notou-se a habilidade para formular hipóteses matemáticas avaliando relações de causa e efeito, a habilidade para perceber problemas a partir de uma situação matemática e formular questões que possam responder a esses problemas, a habilidade para buscar soluções para problemas matemáticos e habilidade para solucionar situações matemáticas.

O interesse de outras pessoas em relação à atividade que estavam desenvolvendo foi observado explicitamente em dois momentos. Primeiro, quando os integrantes da equipe estavam medindo a quadra de esportes, é relatado que os alunos da quinta série ficaram curiosos, e os componentes do grupo deram explicações sobre o que estavam fazendo. O pesquisador conta que “aquele momento foi muito gratificante, ao presenciar a curiosidade daqueles pequenos e o entusiasmo daquele grupo socializando o conhecimento recém adquirido” (p.70). O segundo momento foi quando a maquete estava concluída e ficou exposta, consta na descrição que “após a maquete concluída, ela ficou em exposição, e pudemos observar que despertou grande curiosidade por parte dos professores e outros alunos do colégio. Os elementos do grupo fizeram apresentação da maquete em suas turmas, relatando alguns detalhes da construção, assim como da experiência vivida no projeto” (p.74). Os dois momentos da atividade comprovam o interesse e a admiração de professores e estudantes pelo trabalho do grupo, o que deve ter favorecido o autoconceito dos estudantes.

A comunicação de idéias⁷ no grupo, o espírito de pesquisa, também teve grande destaque no desenvolvimento da atividade, além disso, enfrentaram situações novas e diferentes para chegar à construção da maquete que foi o produto final do trabalho, o qual chamou a atenção da comunidade escolar. Outro fator a ser considerado é a motivação que, possivelmente, o tema gerou para o desenvolvimento da atividade.

Na segunda descrição do trabalho de Modelagem Matemática, **cultura da soja**, a liberdade de ação dos estudantes e o favorecimento da autonomia dos mesmo foi evidente, pois tiveram que levantar os problemas, propor idéias, pesquisar e buscar soluções. A atividade que desempenharam foi heurística, de descobertas, tendo em vista que não tinham modelos prontos para seguir. Na descrição desse trabalho de Modelagem, consta que “houve exposição dos temas, com muitas discussões entre os estudantes”, isso denota que foi proporcionada liberdade aos alunos para participarem da atividade.

As capacidades básicas do pensamento criativo, descritas por Torrance (1976), evidenciaram-se nas descrições. O papel de incentivador do professor foi fundamental para que os estudantes se dedicassem e se envolvessem com o trabalho, tendo em vista que era uma situação nova a qual não estavam acostumados.

Com relação à criatividade em Matemática, identificou-se a habilidade para perceber problemas a partir de uma situação matemática e formular questões que possam responder a esses problemas, também a habilidade de elaborar modelos para solucionar situações matemáticas.

Essa segunda descrição, cultura da soja, em comparação com a primeira, quadra de esportes, apresenta uma quantidade menor de elementos identificadores da criatividade. Possivelmente isso é justificado pelo fato da primeira descrição ter sido feita através da observação de um grupo de quatro alunos que desenvolveram a atividade, enquanto que na

⁷ A comunicação de idéias referida nesse trabalho de Modelagem, como também nos demais, diz respeito aos diálogos entre os estudantes e o trabalho em grupo proporcionado pelo professor. E não à capacidade de argumentação dos estudantes, visto que as descrições não permitem tal constatação.

segunda, a pesquisadora observou a turma toda, composta por trinta e seis alunos. Assim, no primeiro caso a descrição está mais detalhada, o que permitiu identificar mais elementos.

No início do terceiro trabalho de Modelagem Matemática, **fatura de água**, os estudantes são convidados a participar ativamente da aula, a professora coordena uma técnica que pode estimular a criatividade, a tempestade de idéias, e incentiva a comunicação dos estudantes. No decorrer do trabalho a docente continua incentivando a comunicação entre os grupos, porém não lhes dá liberdade para proporem idéias e situações-problemas, ela mesma o faz, além disso, ela explica exatamente como devem proceder para resolverem tais problemas. Essa postura da professora levou ao desenvolvimento de uma tarefa algorítmica por parte dos estudantes já que tudo estava pré-estabelecido: os problemas e a forma de chegar à solução. Não foram identificados outros elementos que podem denotar criatividade. Assim, depreende-se que essa atividade de Modelagem Matemática estimulou poucas capacidades relacionadas à criatividade dos estudantes.

Conforme explicitado no início da descrição desse terceiro trabalho, fatura da água, quem aplicou a atividade de Modelagem Matemática na turma foi uma professora que estava cursando licenciatura em Matemática e não a pesquisadora. O pouco favorecimento da criatividade dos estudantes durante a atividade pode ser justificado pelo fato da professora não ter muitos conhecimentos sobre a Modelagem Matemática e a Educação Matemática.

Isso chama a atenção para a importância do professor de Matemática ter conhecimento das áreas que compõe a Educação Matemática, para que assim, possa conduzir a aula de forma a favorecer as diferentes habilidades dos estudantes. O que parece confirmar o dito de Fiorentini e Lorenzato (2006) de que a Educação Matemática é uma

área de “inúmeros e complexos saberes, na qual apenas o conhecimento da matemática e a experiência de magistério não garantem competência a qualquer profissional que nela trabalhe” (p. 5).

Na quarta aplicação de Modelagem Matemática, **construção civil**, nota-se que a professora proporcionou total liberdade aos estudantes para desenvolverem a atividade, a qual foi integralmente heurística. Observou-se que a comunicação entre eles esteve presente no decorrer da atividade e, ainda, os estudantes precisaram recorrer a conhecimentos escolares e do cotidiano. O trecho a seguir mostra a liberdade que a professora proporcionou aos estudantes, o que acarretou o desenvolvimento de uma atividade em que a descoberta esteve presente e a criatividade foi necessária: “deixei-os à vontade para trocarem idéias. [...] Durante o tempo que levou para a execução deste trabalho não emiti opinião ou ofereci qualquer tipo de explicação e, quando solicitada, limitava-me a responder-lhes de forma evasiva e algumas frases prontas como: *está bom! Que bom você conseguiu! Vá em frente! Continue!*” (p. 26 e 27).

Das habilidades do pensamento criativo, descritas por Guilford (1950, 1975), identificou-se a elaboração e a complexidade, bem como a habilidade para elaborar subproblemas específicos a partir de um problema matemático geral e a habilidade para elaborar modelos para solucionar situações matemáticas nas descrições dos projetos elaborados pelos estudantes. A atividade que os estudantes desenvolveram e que, pode-se supor, nunca tinham realizado, resultou num projeto de casa que, segundo a autora, entregaram “orgulhosos”. Isso permite inferir que essa atividade de Modelagem Matemática melhorou o autoconceito desses estudantes.

Com base nas análises das descrições dos trabalhos de Modelagem Matemática, salienta-se que nos trabalhos (quadra de esportes, cultura da soja e construção civil) em que o professor proporcionou liberdade de ação, de propor idéias e problemas aos

estudantes foi possível a identificação de vários aspectos relacionados à criatividade. E também as tarefas que os estudantes desempenharam nesses mesmos trabalhos foram do tipo heurístico, por não terem um modelo claro e bem estabelecido para seguir. Enquanto que na aplicação de Modelagem (fatura de água) em que o professor não proporcionou a liberdade de ação dos estudantes, houve poucos aspectos identificados, relativos à criatividade e, ainda, a tarefa que os alunos desempenharam foi na perspectiva algorítmica, que consiste em seguir regras estabelecidas previamente. Assim, pode-se afirmar que a liberdade constitui o primeiro passo para o desenvolvimento da criatividade.

A Modelagem Matemática pode possibilitar o desenvolvimento de tarefas na perspectiva heurística, tendo em vista que não é estabelecido um único caminho para resolução dos problemas. Cada grupo pode propor diferentes caminhos e soluções para um mesmo tema. Assim, a Modelagem caracteriza-se como uma atividade aberta, passível de adequações conforme o contexto.

Dessa forma, depreende-se que a liberdade de ação dos estudantes e a tarefa na perspectiva heurística são pontos-chave para a promoção da criatividade em sala de aula. Além disso, uma está diretamente ligada à outra numa relação de reciprocidade, isto é, quanto mais liberdade o educando tiver para desenvolver a atividade, maior é a chance de essa atividade ser heurística, e vice-versa. Esses dois aspectos dependem em grande parte da postura adotada pelo professor durante o desenvolvimento do trabalho.

Salienta-se ainda, que a Modelagem Matemática pode influenciar positivamente a motivação dos estudantes em relação à Matemática. A abordagem de situações da realidade dos alunos pode despertar maior interesse pela Matemática e, conseqüentemente, maior motivação nessa área. O fato dos estudantes participarem ativamente da ação, propondo problemas e soluções, também pode se constituir num agente motivador. É importante salientar que a postura do professor na sala de aula, em que proporciona

liberdade aos estudantes e os incentiva para realização das tarefas, é essencial para motivação em Matemática.

Após a análise geral das descrições dos trabalhos de Modelagem Matemática, retornamos a questão principal dessa dissertação: *os trabalhos desenvolvidos por meio da Modelagem Matemática, na perspectiva da Educação Matemática adotada, favorecem o desenvolvimento da criatividade?* Essa questão foi respondida ao longo do trabalho, pois, mesmo que os trabalhos não tivessem por objetivo a promoção de habilidades relacionadas à criatividade, foram identificadas várias manifestações de criatividade.

Com relação à questão: a Modelagem Matemática em si propicia o desenvolvimento da criatividade? Salienta-se que a Modelagem Matemática em si não propicia o desenvolvimento da criatividade dos estudantes. Para que a criatividade se manifeste é fundamental levar em conta vários aspectos como a disponibilidade do professor em favorecer a atividade, seus conhecimentos sobre a Educação Matemática e a Modelagem Matemática. A postura do professor em sala de aula é um fator extremamente relevante para proporcionar o desenvolvimento da criatividade dos estudantes através da Modelagem. Ele precisa conduzir a atividade de forma a dar liberdade aos educandos e incentivá-los para que prossigam no trabalho.

A terceira questão de pesquisa: o que evidenciam os trabalhos acadêmicos acerca do espaço para o desenvolvimento da criatividade no ensino da Matemática e sobre o papel da Modelagem Matemática na abertura desse espaço? Quando Torre (2005) trata do ensino criativo, ele explicita que deve ser de natureza flexível e adaptativa. A Modelagem Matemática, ao romper com o ensino tradicional da Matemática, é uma metodologia de natureza flexível e adaptativa. Barbosa (2001, 2004), Burak (1992, 1998, 2004) e Caldeira (2004) pontuam que essa metodologia é aberta, sem procedimentos fixados e com várias possibilidades de encaminhamentos. É levado em consideração o ambiente, o contexto e os

interesses do grupo. Assim é possível afirmar que o ensino da Matemática através da Modelagem Matemática, na concepção adotada, pode constituir-se em um ensino criativo, abrindo espaço para o desenvolvimento da criatividade.

Sobre a quarta questão: “qual o papel do professor e dos alunos nas manifestações criativas, conforme relatos nos trabalhos acadêmicos de Modelagem?”, salienta-se que ambos, estudantes e professor, devem participar ativamente na realização das atividades, caso o professor determine todas as tarefas e os caminhos para realizá-las, os estudantes deixariam de estimular muitas das habilidades relacionadas à criatividade.

Em relação à última questão: “o que os trabalhos acadêmicos evidenciam sobre o papel do ambiente no desenvolvimento da criatividade?”, é importante destacar que deve ser um ambiente em que os estudantes participem ativamente do trabalho de Modelagem, exista o diálogo entre estudantes e professor, em que ambos devem falar e ouvir, e haja respeito e apoio com as idéias apresentadas.

A fim de explicitar as relações entre a criatividade e a Modelagem Matemática, é apresentado a seguir, um quadro síntese que relaciona aspectos trabalhados em atividades desenvolvidas por meio da Modelagem Matemática que contribuem para o desenvolvimento da criatividade. Atendendo, dessa forma, o objetivo da investigação *‘produzir indicadores sobre a relação Modelagem Matemática e Criatividade’*.

1) A Modelagem Matemática propicia a criatividade quando...

a) ao organizar trabalhos em grupos, proporciona a interação entre os estudantes, estimulando a colaboração entre eles, a independência e a autonomia para resolver problemas e tomar decisões;

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;

c) as atividades representam interesses dos estudantes, mais que do professor, causando maior motivação e envolvimento para realização das tarefas;

d) os modos de proceder e encaminhar a atividade são heurísticos, isto é, não se têm de antemão modelos prontos a serem seguidos.

2) O professor e os estudantes desenvolvem a sua criatividade em Matemática nas situações de Modelagem quando....

a) necessitam levantar questões sobre o tema, pensar nas soluções e colocá-las em prova.

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 tais situações;

c) empenham esforços a fim de utilizar os conhecimentos matemáticos que mais sejam adequados a determinadas situações;

d) para resolver determinada questão ou situação-problema, precisam pesquisar conteúdos matemáticos ou envolver conhecimentos de outras áreas do conhecimento.

3) Para que a criatividade em Matemática se manifeste é necessário que as relações entre estudantes e entre estudantes e professores sejam....

a) de colaboração e participação ativa no desenvolvimento da atividade;

b) de apoio e respeito às idéias de todos os participantes;

c) dialógica, isto é, o professor deve ouvir as idéias e opiniões dos estudantes e vice-versa.

4) Para que a criatividade se manifeste numa atividade de Modelagem Matemática o professor pode...

a) incentivar os estudantes para contribuírem com a realização da atividade e não chamar todas as responsabilidades para si;

b) proporcionar liberdade aos estudantes para propor idéias, levantar questões, e, incentivá-los a participar ativamente do trabalho;

c) enfrentar situações novas, desconhecidas e ir à busca de novos conhecimentos que se façam necessários para realização da atividade;

d) trabalhar com temas de interesses do grupo ou dos grupos;

e) Compartilhar o processo de ensino, isto é, favorecer o debate e a discussão sobre os assuntos de interesses dos estudantes;

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.

g) levantar novas hipóteses sobre a situação estudada, isto é, considerar uma situação sob vários ângulos, de forma a fazer com que os estudantes possam observar tal situação sob diversos aspectos.

5) Os estudantes fazem uso das habilidades do pensamento criativo quando...

a) são incentivados a levantar questões e propor idéias;

b) a partir de uma atividade, necessitam fazer julgamentos, avaliar situações, considerar várias idéias a fim de tomar decisões, entre outras.

As análises das descrições realizadas dos trabalhos de Modelagem Matemática apontam perspectivas de continuidade do trabalho com o aprofundamento de alguns aspectos mencionados e observados, entretanto não aprofundados nessa investigação. Entre esses aspectos encontra-se o relacionado à postura do professor a ser adotada, ao trabalhar

a Modelagem, de forma a possibilitar o desvelar de fatores criativos e aprofundar a investigação sobre a criatividade nos trabalhos com a Modelagem, independentemente da perspectiva de ciência adotada. Salienta-se ainda que, é importante desenvolver uma atividade de Modelagem Matemática em sala de aula, com o intuito de pesquisar os diversos aspectos relacionados à criatividade, através da observação das atitudes, diálogos e outras manifestações dos estudantes. Ainda, essa experiência trará outras contribuições na forma de coleta de dados, uma vez que precisaria maneiras diferenciadas para captação de idéias de cada aluno e do grupo, o que poderia permitir a identificação de aspectos que não foram identificados nesses trabalhos.

Salientamos que esta pesquisa trouxe algumas contribuições acerca da manifestação da criatividade em atividades de Modelagem Matemática, ao apontar alguns aspectos necessários para o desenvolvimento da criatividade dos estudantes e favorecidos pela Modelagem. Porém, foram levantadas perspectivas que necessitam de novos estudos e aprofundamentos. Assim, além de se constituir num ponto de chegada, este trabalho representa também um ponto de partida às novas pesquisas sobre a criatividade e a Modelagem Matemática.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, E. S. de. **Como desenvolver o potencial criador**: um guia para liberação da criatividade em sala de aula. 9. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2002.

ALENCAR, E. S.; FLEITH, D. S. **Contribuições teóricas recentes ao estudo da criatividade**. Psicologia: Teoria e Pesquisa. Jan-Abr 2003, vol. 19, n. 1, p. 1-8. Disponível em www.scielo.br/pdf/ptp/v19n1/a02v19n1.pdf. Acessado em 20/12/2008.

ALENCAR, E. S.; GALVÃO, A. Condições favoráveis à criação nas ciências e nas artes. In: VIRGOLIN, Angela M. R. (org.). **Talento criativo**: expressão em múltiplos contextos. Brasília: Editora UnB, 2007, p. 103-119.

ARAUJO, Elisabeth Adorno. **Influência das habilidades e das atitudes em relação à matemática e a escolha profissional**. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, 1999. Disponível em www.unicamp.br. Acessado em 02/04/2008.

BARBOSA, J. C. **Modelagem na educação matemática**: contribuições para o debate teórico. In: 24a. Reunião da ANPED, 2001, Caxambu. Anais da 24a. Reunião Anual da ANPED. Rio de Janeiro: ANPED, 2001. v. único.

_____. **Modelagem matemática**: O que é? Por que? Como? *Veritati*, n. 4, p. 73-80, 2004.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 3ª edição, 2004.

BECKER, Fernando. **A epistemologia do professor**: o cotidiano da escola. Petrópolis: Vozes, 1993.

_____. **Educação e construção do conhecimento**. Porto Alegre: Artmed, 2001.

BICUDO, Maria A. Viggiani. Pesquisa Qualitativa e Pesquisa Qualitativa segundo a abordagem fenomenológica. In: BORBA, M. de C.; ARAÚJO, J. de L.. **Pesquisa qualitativa em educação matemática**. 2 ed. – Belo Horizonte: Autêntica, 2006.

BODEN, Margaret A. O que é criatividade?: In: BODEN, Margaret A. (org.). **Dimensões da criatividade**. Trad. Pedro Theobald. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 1999, p. 81-123.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC; SEMTEC, 1999.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais: 5ª a 8ª série: matemática**. Brasília: MEC; SEF, 2001.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

BURAK, D.. **Modelagem matemática: ações e interações no processo de ensino-aprendizagem**. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

_____. Formação dos pensamentos algébricos e geométricos: uma experiência com modelagem matemática. **Pró-mat.** – Paraná. Curitiba, v.1, n.1, p.32-41, 1998.

_____. **Modelagem matemática em sala de aula**. I Encontro Paranaense de Modelagem Matemática e Educação Matemática. 2004.

CALDEIRA, A. D. **Modelagem matemática e a prática dos professores do ensino fundamental e médio**. In: I EPMEM - Encontro Paranaense de Modelagem na Educação Matemática, 2004, Londrina. Anais do I EPMEM. Londrina : UEL, 2004. v. 1. p. 1-2.

_____. Etnomodelagem e suas relações com a Educação Matemática na infância. In: BARBOSA, J. C.; CALDEIRA, A. D.; ARAÚJO, J. L. (org.). **Modelagem matemática na educação matemática brasileira: pesquisas e práticas educacionais**. Recife: SBEM, 2007, p. 81-97.

CAMILO, Antonio Vamir. **Modelagem matemática: uma perspectiva para o ensino de matemática no ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade do Contestado. Caçador, SC. UnC, 2002.

CHIAROTTINO, Zélia Ramozzi. **A teoria de Jean Piaget e a educação**. In: Psicologia e Ensino. São Paulo: Papelivro, 1980, p. 84-100.

D'AMBRÓSIO, Ubiratan. **Sociedade, cultura, matemática e seu ensino**. Educação e Pesquisa, v. 31, n. 1, São Paulo Jan./mar. 2005. Disponível em www.scielo.br. Acessado em 13/04/2007.

DELVAL, Juan. **Aprender a aprender**. Campinas, SP: Papirus, 1998

DELVAL, Juan. **Aprender na vida e aprender na escola**. Porto Alegre, RS: Artmed, 2001.

EYSENCK, Hans J.. As formas de medir a criatividade: In: BODEN, Margaret A. (org.). **Dimensões da criatividade**. Trad. Pedro Theobald. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 1999, p. 203-244.

FIORENTINI, Dario; LORENZATO, Sergio. **Investigação em educação matemática: percursos teóricos e metodológicos**. Campinas, SP: Autores Associados, 2006.

FLEITH, Denise de Souza; ALENCAR, Eunice M. L. Soriano de. **Escala sobre o clima para criatividade em sala de aula**. Psicologia: Teoria e Pesquisa, v. 21, n. 1. Brasília jan./abr. 2005. Disponível em www.scielo.br . Acessado em 16/08/2007

FLEITH, Denise de Souza. A promoção da criatividade no contexto escolar. In: VIRGOLIN, Angela M. R. (org.). **Talento criativo: expressão em múltiplos contextos**. Brasília: Editora UnB, 2007, p. 143-157.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática docente. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GARDNER, Howard. Os padrões dos criadores: In: BODEN, Margaret A. (org.). **Dimensões da criatividade**. Trad. Pedro Theobald. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 1999, p. 149-163.

GHEDIN, E.. A pesquisa como eixo interdisciplinar e a formação do professor pesquisador-reflexivo. **Revista olhar de professor**. a. 7, n. 2. Ponta Grossa, PR, 2004, p. 57-76.

GOMES, Martha Joana Tedeschi. **Modelagem matemática no cárcere**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2005. Disponível em <http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/handle/1884/2635>. Acessado em 26/06/2008.

GONTIJO, Cleyton Hércules. **Relações entre criatividade, criatividade em matemática e motivação em matemática de alunos do ensino médio**. Tese (Doutorado em Psicologia) – Universidade de Brasília, 2007. Disponível em www.unb.br. Acessado em 06/04/2008

GONTIJO, Cleyton Hércules. **Criatividade em matemática**: identificação e promoção de talentos criativos. Revista do Centro de Educação - UFSM. Vol. 32, n. 02. 2007. Disponível em: <http://coralx.ufsm.br/revce/revece/2007/02/a13.htm>. Acessado em 04/04/2008

KILPATRICK, Jeremy. **Fincando estacas**: uma tentativa de demarcar a Educação Matemática como campo profissional e científico. In: Zetetiké, v.4, n. 5, p. 99-120, jan./jun. 1996.

KLÜBER, Tiago Emanuel. **Modelagem matemática e etnomatemática no contexto da educação matemática**: aspectos filosóficos e epistemológicos. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2007.

LAROCCA, Priscila; ROSSO, Ademir José; SOUZA, Audrey Pietrobelli. **A formulação dos objetivos de pesquisa na pós-graduação em educação**: uma discussão necessária. Revista Brasileira de Pós-Graduação, v. 2, n. 3, p. 118-133, mar. 2005.

LINS, Rômulo Campos. Matemática, Monstros, Significados e Educação Matemática. In: BICUDO, Maria Aparecida Viggiani; BORBA, Marcelo de Carvalho. (org). **Educação matemática**: Pesquisa em Movimento. São Paulo: Cortez, 2005.

LIMA, Lauro de Oliveira. **Por que Piaget?** A educação pela inteligência. Petrópolis, RJ: Vozes, 1998.

MARTINDALE, Colin. Como podemos medir a criatividade de uma sociedade?: In: BODEN, Margaret A. (org.). **Dimensões da criatividade**. Trad. Pedro Theobald. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 1999, p. 165-202.

MEDEIROS, Cleide Farias de. Por uma Educação Matemática como intersubjetividade: In: BICUDO, Maria Aparecida Viggiani. (org.). **Educação matemática**. São Paulo: Centauro, 2005, p. 13-44.

MIGUEL, Antonio (et al). A educação matemática: breve histórico, ações implementadas e questões sobre sua disciplinarização. In: **Revista brasileira de educação**, n. 27, p. 70-93, set/out/nov/dez. 2004.

MONEREO, Carles. **Ser ou não ser construtivista, não é essa a questão**. Revista Substratum Artes Médicas - Temas Fundamentais em Psicologia e Educação; Construção ou Instrução. Vol. 2, n. 5, 1998, p. 35-55.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.

NICOLA, P. I. Formação psicológica do professor. In: LAMPERT, E. **Educação para a cidadania**. Porto Alegre: Sulina, 1999. p. 79-95.

OLIVEIRA, Maria Cristina Araújo. Professores de Matemática ao tempo do Movimento da Matemática Moderna: perspectivas de pesquisa. In: **Revista diálogo educacional**, v. 6, n. 18, p. 79-89, maio/ago/2006.

PONTE, J. P.; BROCARD, J.; OLIVEIRA, H. **Investigações matemáticas na sala de aula**. Belo Horizonte: Autêntica, 2006.

RIUS, B. E.. La Educación Matemática: Una reflexión sobre su naturaleza y sobre su metodología. **Educación matemática**, México: Iberoamérica, v.1, nº 2, p. 28-42, Agosto de 1989a.

_____. La Educación Matemática: Una reflexión sobre su naturaleza y sobre su metodología. **Educación matemática**, México: Iberoamérica v.1, nº 3, p. 30 - 36, Diciembre de 1989b.

SANTOS, Marluce Alves. **A produção de discussões reflexivas em um ambiente de modelagem matemática**. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências). Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, BA. 2007. Disponível em <http://www.ppgefhc.ufba.br/dissertacoes.htm>. Acessado em 26/05/2008.

SCHLIEMANN, Ana Lucia; CARRAHER, David W.; CARRAHER, Terezinha N. **Na vida dez, na escola zero**. São Paulo: Cortez, 1998.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Cortez, 20ª edição, 1996.

SKOVSMOSE, Ole. **Educação crítica: incerteza, matemática, responsabilidade**. Trad. Maria Aparecida Viggiani Bicudo. São Paulo: Cortez, 2007.

SOISTAK, Alzemir V. Ferreira. **Modelagem matemática no contexto do ensino médio:** possibilidade de relação da matemática com o cotidiano. Dissertação (Mestrado em Educação), Ponta Grossa, 2006.

TORRANCE, E. P.. **Criatividade:** medidas, testes e avaliações. Trad. Aydano Arruda. São Paulo: IBRASA, 1976.

TORRE, Saturnino de la. **Dialogando com a criatividade.** Trad. Cristina Mendes Rodrigues. São Paulo: Madras, 2005.

TSCHIMMEL, Katja. **O pensamento criativo em design:** Reflexões acerca da formação do designer. Lisboa: 2003. Disponível em <http://www.creamundos.net/primeros/artigo>

VALENTE, Wagner Rodrigues. A Matemática Moderna nas Escolas do Brasil: um ensaio para estudos históricos comparativos. In: **Revista diálogo educacional**, v. 6, n. 18 , p. 19-34, maio/ago/2006.

VIRGOLIM, Angela M. R. Parada Obrigatória: a criatividade entrando em cena. In: VIRGOLIN, Angela M. R. (org.). **Talento criativo:** expressão em múltiplos contextos. Brasília: Editora UnB, 2007, p. 19-27.