

Universidade Federal de Minas Gerais  
Programa de Pós-Graduação em Educação

Rutyele Ribeiro Caldeira

**CÁLCULO EM AÇÃO, MODELAGEM E PARCERIAS:  
possibilidades para aprendizagens expansivas  
em um contexto de formação em Engenharias**

Belo Horizonte  
2014

Rutyele Ribeiro Caldeira

**CÁLCULO EM AÇÃO, MODELAGEM E PARCERIAS:  
possibilidades para aprendizagens expansivas  
em um contexto de formação em Engenharias**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Educação.

Linha de Pesquisa: Educação Matemática

Orientadora: Profa. Dra. Jussara de Loiola Araújo

Belo Horizonte  
2014

C146c Caldeira, Rutele Ribeiro, 1982-  
T Cálculo em ação, modelagem e parcerias: possibilidades para aprendizagens expansivas em um contexto de formação em Engenharias / Rutele Ribeiro Caldeira. - Belo Horizonte, 2014. 229 f., enc, il.

Tese - (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.  
Orientadora : Jussara de Loiola Araújo.  
Bibliografia : f. 220-229.

1. Educação -- Teses. 2. Engenharia -- Estudo e ensino -- Teses. 3. Engenheiros -- Ensino profissional -- Teses. 4. Calculo - - Estudo e ensino -- Teses.

I. Título. II. Araújo, Jussara de Loiola. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação.

CDD- 620.007

**Catálogo da Fonte: Biblioteca da FaE/UFMG**



Universidade Federal de Minas Gerais  
Programa de Pós-Graduação em Educação

Tese intitulada “Cálculo em ação, modelagem e parcerias: possibilidades para aprendizagens expansivas em um contexto de formação em Engenharias”, de autoria da doutoranda Rutyele Ribeiro Caldeira, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Profa. Dra. Jussara de Loiola Araújo – ICEx/UFMG – orientadora

---

Profa. Dra. Maria Manuela Martins Soares David – FaE/UFMG

---

Profa. Dra. Teresinha Fumi Kawasaki – FaE/UFMG

---

Profa. Dra. Lourdes Maria Werle de Almeida – UEL

---

Profa. Dra. Sueli Liberatti Javaroni – UNESP

---

Prof. Dr. Francisco Ângelo Coutinho – FaE/UFMG – suplente

---

Prof. Dr. Dilhermando Ferreira Campos – UFOP – suplente

Belo Horizonte, 27 de agosto de 2014

*A Deus,  
aos meus pais José e Mirná,  
ao meu amor Luciano e  
ao príncipe da minha vida –  
meu filho Matheus.  
Com muito amor!*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, Pai de toda bondade, compaixão, amor e sabedoria; criador de nossas vidas, do céu e da terra; parceiro de todos os momentos; poderoso mestre dos mestres, rei dos reis... Obrigada por ter me permitido chegar até aqui, por ter me dado forças nos momentos difíceis.

À professora Jussara de Loiola Araújo, por toda orientação, pelos encontros e desencontros, pelos debates, pelas possibilidades de formação como pesquisadora, por ter sido tão compreensível nos momentos difíceis e por ter me ajudado a superá-los.

Aos membros da banca de qualificação, professoras Manuela Martins Soares David e professora Lourdes Maria Werle de Almeida, pela leitura e importantes contribuições, sugestões.

Ao professor Orlando Aguiar Filho, por ter sido parecerista do meu projeto de pesquisa.

Aos membros do Grupo de Pesquisa e Estudos Histórico-Culturais em Educação Matemática e em Ciências, do qual faço parte desde o ano de 2010, por terem me ajudado na construção de entendimentos acerca da Teoria da Atividade e por terem contribuído com críticas e sugestões para o desenvolvimento desta pesquisa.

A todos os professores que tive em minha vida, em especial, aos professores Olímpio Hiroshi Miyagaki e Margareth Alves, por me ensinarem muitas matemáticas e por terem me motivado a seguir nos estudos de pós-graduação.

À querida professora Rosilene Horta Tavares, por ter me ajudado a entender melhor a sociedade atual e as relações que nela estão permeadas.

À querida amiga Nilza Helena, por ter sido tão companheira e por ter cuidado de Matheus no estacionamento da FaE com tanto carinho e amor, enquanto eu assistia às aulas.

Ao meu marido, Luciano Nascimento Moreira, por ter sido tão amoroso, carinhoso e paciente e por me trazer tantas felicidades... Muito obrigada! Eu te amo demais da conta!

Ao meu filho, Matheus Caldeira Moreira, por ter sido tão compreensível nos momentos que precisava me dedicar à tese e por me trazer tantas alegrias... Mamãe te ama muito príncipe!

Aos meus pais, José Caldeira e Mirná Caldeira (*in memoriam*), pelo apoio e amor incondicional... Sei que sempre estiveram e sempre estarão me abençoando onde quer que estejam – na terra ou no céu.

À minha irmã gêmea, Josyele Ribeiro Caldeira, por ser tão companheira e presente em minha vida e pelos momentos de debates teóricos.

Aos meus queridos filhos adotivos, Anina Cristina, Darinha Cristina e Sininho Cristina, pela incansável companhia até altas horas da madrugada, sempre alegrando os momentos de intenso estudo.

À querida amiga Margarete von Mühlen Poll, pela revisão do projeto de doutorado.

À professora Maria da Conceição, por ter me aceitado no ano de 2010 como aluna de disciplina isolada.

A todos os colegas e professores da Faculdade de Educação da UFMG, pelo compartilhamento de saberes e experiências.

Aos servidores da secretaria da Pós-Graduação da Faculdade de Educação da UFMG, pela disponibilidade e atenção.

Aos professores e alunos da UNIFEI-Itabira, pela colaboração e dedicação à construção dos dados desta pesquisa.

Aos colegas do grupo de orientação, por terem me recebido de braços abertos e por sempre me ajudarem nas leituras e críticas dos meus textos.

As minhas amigas de infância Graziela, Fernanda, Maxi, Luciana e Vânia, por terem sido tão compreensivas nos momentos de isolamento social e por sempre acreditarem em nossa amizade!

A minha cunhada Luciana Nascimento Moreira, pelo apoio incondicional e por ter nos abrigado em BH.

A todos vocês, agradeço imensamente!

Valeu!

## **Adélia Prado**

### **Com licença poética**

*Quando nasci um anjo esbelto,  
desses que tocam trombeta, anunciou:  
vai carregar bandeira.  
Cargo muito pesado pra mulher,  
esta espécie ainda envergonhada.  
Aceito os subterfúgios que me cabem,  
sem precisar mentir.  
Não sou tão feia que não possa casar,  
acho o Rio de Janeiro uma beleza e  
ora sim, ora não, creio em parto sem dor.  
Mas o que sinto escrevo. Cumpro a sina.  
Inauguro linhagens, fundo reinos  
— dor não é amargura.  
Minha tristeza não tem pedigree,  
já a minha vontade de alegria,  
sua raiz vai ao meu mil avô.  
Vai ser coxo na vida é maldição pra homem.  
Mulher é desdobrável. Eu sou.*



*Adélia Prado*

---

## RESUMO

Esta tese apresenta a gênese e o desenvolvimento de uma pesquisa que buscou compreender as possibilidades de aprendizagens expansivas que podem ser evidenciadas nas e pelas atividades desenvolvidas por um Grupo de Estudos e Pesquisa em Modelagem Matemática - GEPMM em um contexto de formação em Engenharias. Ancorada nos aportes da teoria histórico-cultural da atividade e da aprendizagem expansiva, a investigação objetivou o estabelecimento de um diálogo com teóricos que discutem Modelagem na Educação Matemática, focando nos contextos de formação em Engenharia. Os desdobramentos da pesquisa foram norteados pela abordagem qualitativa, por meio de uma intervenção formativa proposta por Engeström e Sannino (2010b), caracterizada pela constituição do GEPMM, que se engendrou baseado na premissa de que os conteúdos das disciplinas de Cálculo ocupam lugar de ferramentas ou instrumentos necessários para a formação em Engenharia – um Cálculo em ação. Com isso, o GEPMM se configurou como um espaço formativo alternativo. A construção dos dados para a presente investigação se deu por meio de observações, entrevistas, registro de diário de campo e mensagens eletrônicas. O processo de análise e interpretação dos dados construídos foi desenvolvido com base no próprio processo de constituição do GEPMM, como um ciclo de ações potencialmente expansivas (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b), que possibilitou o preenchimento da “matriz” para análise da aprendizagem expansiva (ENGESTRÖM, 2001). Os dados construídos fizeram emergir quatro modalidades analíticas. A constituição do referido espaço formativo alternativo – GEPMM - ampliou as possibilidades de interações entre os sujeitos e os respectivos objetos de suas múltiplas atividades, possibilitando aprendizagens expansivas, que se manifestaram, como: 1) transposição de fronteiras e construção de redes – parcerias; 2) movimento na zona de desenvolvimento proximal da atividade docente-discente; 3) transformações qualitativas do objeto da atividade de modelagem matemática; 4) ciclos de ações potencialmente expansivas. Ao analisar a referida intervenção formativa, observa-se, ainda, subsídios necessários para considerar que o engajamento nas atividades do GEPMM pode, de fato, representar significativas contribuições para a formação continuada de professores em suas próprias práticas, ampliando, assim, os respectivos horizontes de atuação nas mais diversas dimensões cotidianas de trabalho.

**Palavras-Chave:** Teoria da Atividade, Aprendizagem Expansiva, Modelagem Matemática, Educação em Engenharia, Cálculo em Ação, Parcerias.

## ABSTRACT

This thesis presents the genesis and development of a research aimed to understand the possibilities of expansive learning that can be evidenced in and by the activities developed by a Group of Studies and Research in Mathematical Modeling - GSRMM, in a context of formation in Engineering. Anchored in the contributions of the Historical-Cultural Activity Theory and Expansive Learning, this research aimed to establish a dialogue with theorists who argue Modeling in Mathematics Education, focusing on formation contexts in Engineering. The developments of the research were guided by the qualitative approach, through a formative intervention proposed by Engeström and Sannino (2010), characterized by the constitution of GSRMM in the context of formation in Engineering. The GSRMM it engender based on the premise that the disciplines of Calculus take place of tools or instruments necessary for formation in Engineering - A calculus in action. With this, the GSRMM appears as an alternative formation space in the context of formation in Engineering. The construction of the data for this research was happened by observations, interviews, record field diary and email messages. The process of analysis and interpretation of data built was developed based on the process of formation of GSRMM as a potentially expansive cycle of actions (ENGESTROM; SANNINO, 2010), which enabled the completion of the 'matrix' for the analysis of the expansive learning (ENGESTROM, 2001). The data constructed made emerge four analytical methods in an attempt to understand the possibilities of expansive learning, which can be evidenced in and by a GSRMM activities in the context of formation in Engineering. The constitution of that alternative formation space (GSRMM) expanded the possibilities of interactions between subjects and their objects of its multiple activities, enabling expansive learning, which manifested as: 1) across boundaries and building networks - partnerships; 2) move the zone of proximal development of teacher-student activity; 3) qualitative transformations of the object of the activity of mathematical modeling; 4) cycles of potentially expansive actions. Analyzing this formation intervention, it is observed also grants necessary to consider that engaging in activities GSRMM, may indeed, represent an important role in the continuing education of teachers in their own practices, thus expanding, their horizons of action in various dimensions of everyday work.

**Keywords:** Activity Theory. Expansive Learning. Mathematical Modeling. Education in Engineering. Calculus in Action. Partnerships.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – A estrutura de um sistema de atividade humana.....	36
FIGURA 2 – Os interdependentes sistemas de <i>atividade</i> de estudantes e professor .....	38
FIGURA 3 – Sumário da generalização teórica de Davydov .....	48
FIGURA 4 – Sequência de <i>ações</i> de aprendizagem em um ciclo de aprendizagem expansiva .....	57
FIGURA 5 – Os interdependentes sistemas de <i>atividade</i> de estudantes e professor(es) engajados em <i>atividades</i> (escolares) de Modelagem Matemática .....	86
FIGURA 6 – Visualização da <i>caixa-preta</i> e suas possíveis associações a outras <i>caixas-pretas</i> .....	93
Tabela 1 - Matriz para análise da aprendizagem expansiva .....	106
FIGURA 7 – Página inicial <i>site</i> UNIFEI-Itabira .....	109
FIGURA 8 – Interconectados <i>sistemas de atividade</i> de professores e estudantes que tem como <i>objeto</i> a apresentação dos conteúdos do livro de Cálculo .....	125
QUADRO 1 – “Equações utilizadas para o cálculo do gasto energético (GET), segundo a técnica da água duplamente marcada” .....	146
QUADRO 2 – “Matriz” para análise da aprendizagem expansiva.....	169

## SUMÁRIO

SUMÁRIO .....	12
INTRODUÇÃO: A GÊNESE E OS DESDOBRAMENTOS DA PESQUISA.....	13
Considerações iniciais necessárias à formulação da pesquisa .....	13
Desdobramentos da proposição da pesquisa .....	21
Estrutura da tese.....	27
1 ATIVIDADES FORMATIVAS À LUZ DA TEORIA HISTÓRICO- CULTURAL DA ATIVIDADE E DA APRENDIZAGEM EXPANSIVA .....	29
1.1 Método da ascensão do abstrato ao concreto de Davydov .....	45
1.2 A participação periférica legítima de Lave .....	48
1.3 Aprendizagem expansiva .....	49
2 CÁLCULO E MODELAGEM NA ENGENHARIA: CONCEPÇÕES, PERSPECTIVAS E A ATUAL FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO .....	62
2.1 Diretrizes Curriculares para a formação de engenheiros no Brasil .....	62
2.2 Cálculo em cursos de Engenharia .....	65
2.3 Modelagem na Educação Matemática: concepções e perspectivas.....	70
2.4 Revisão de literatura sobre pesquisas de Modelagem em Cálculo na Educação em Engenharia: delineando o espaço da presente pesquisa.....	78
2.5 Concepção de uma <i>atividade</i> de Modelagem Matemática assumida em um contexto de formação em Engenharias .....	82
2.6 Abertura de <i>caixas-pretas</i> como <i>ações</i> estratégicas com vistas às possibilidades de aprendizagens expansivas relacionadas às transformações do <i>objeto</i> de uma <i>atividade</i> de Modelagem Matemática.....	87
3 METODOLOGIA DE PESQUISA E PROCEDIMENTOS.....	97
3.1 Por que a abordagem é qualitativa? .....	97
3.2 Qual é o contexto e quem são os sujeitos? .....	100
3.3 Quais foram os procedimentos de construção dos dados? .....	102
3.3.1 A constituição do GEPMM e observação participante em suas atividades .....	102
3.3.2 As entrevistas iniciais e as finais com os integrantes do GEPMM.....	104
3.4 Quais instrumentos foram usados para a análise? .....	105
3.5 A formação do GEPMM pode ser caracterizada como uma <i>intervenção formativa</i> ? .....	106
3.6 O contexto institucional e as aulas de Cálculo .....	108
3.7 As <i>atividades</i> do GEPMM e os <i>sujeitos</i> envolvidos.....	111
3.7.1 Angel .....	112
3.7.2 Clarice.....	116
3.7.3 Robson .....	117
3.7.4 Taty .....	119

3.7.5 José.....	120
3.7.6 Pedro.....	121
<b>4 OS DADOS CONSTRUÍDOS E ANALISADOS: A CONSTITUIÇÃO DO GEPMM COMO CICLO DE AÇÕES POTENCIALMENTE EXPANSIVAS.....</b>	<b>124</b>
4.1 Constituição do GEPMM: possibilidades para aprendizagens expansivas? .....	126
4.1.1 Interrogatório.....	126
4.1.2 Análise da situação .....	129
4.1.3 Modelagem .....	132
4.1.4 Examinando o novo modelo.....	133
4.1.5 Implementando o novo modelo – o GEPMM.....	136
4.1.5.1 Os encontros.....	137
4.1.5.1.1 Primeiro encontro.....	137
4.1.5.1.2 Segundo encontro .....	140
4.1.5.1.3 Terceiro encontro .....	144
4.1.5.1.4 Quarto encontro.....	147
4.1.5.1.5 Quinto encontro .....	149
4.1.5.1.6 Sexto encontro.....	152
4.1.5.1.7 Sétimo encontro .....	153
4.1.5.1.8 Oitavo encontro.....	154
4.1.5.1.9 Nono encontro .....	159
4.1.5.1.10 Décimo encontro .....	164
4.1.5.2 Dando continuidade às ações potencialmente expansivas.....	166
4.1.6 Refletindo sobre o processo .....	166
4.1.7 Consolidando seus resultados em uma nova forma de prática? .....	168
<b>5 MODALIDADES ANALÍTICAS.....</b>	<b>170</b>
5.1 Primeira modalidade – Dialética da existência da <i>tela</i> invisível: GEPMM como possibilidade para aprendizagem expansiva por meio da construção de parceria docente-discente em um contexto de formação em Engenharias.....	171
5.2 Segunda modalidade – Os <i>sujeitos</i> , a <i>multi-agency</i> e as múltiplas <i>atividades</i> : possibilidade para aprendizagem expansiva como movimento na <i>zona de desenvolvimento proximal</i> das <i>atividades</i> docente-discente mediante a formação de parcerias .....	178
5.3 Terceira modalidade – Modelagem e a <i>caixa-preta</i> do “peso corporal ideal” num contexto de formação em Engenharias: do Cálculo em <i>ação</i> às aprendizagens expansivas como transformações qualitativas do <i>objeto</i> da <i>atividade</i> .....	189
5.4 Quarta modalidade – <i>Multivocalidade</i> e <i>agency</i> evidenciadas pelas interações tecnomediadas em <i>atividades</i> de Modelagem Matemática: idealizações desencadeadoras de aprendizagens potencialmente expansivas em um contexto de formação em Engenharias.....	210
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>218</b>

## INTRODUÇÃO: A GÊNESE E OS DESDOBRAMENTOS DA PESQUISA

Neste capítulo, procuro delimitar os objetivos e a relevância desta pesquisa, a partir de reflexões que surgiram da minha experiência como professora das disciplinas de Cálculo que compõem as grades curriculares dos cursos de Engenharia, das minhas leituras a respeito dos processos de ensino e de aprendizagem das disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia e das leituras proporcionadas pela minha inserção em grupos de estudos e pesquisa<sup>1</sup>.

### Considerações iniciais necessárias à formulação da pesquisa

Atuo como docente do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Unidade Timóteo (MG) desde janeiro de 2009. Nessa instituição, sou responsável por lecionar disciplinas de Cálculo que compõem a grade curricular do curso de Engenharia de Computação.

As disciplinas de Cálculo que, geralmente, compõem as grades curriculares dos cursos de Engenharia perfazem conteúdos de uma área da Matemática chamada de Cálculo Diferencial e Integral, que abarca tópicos relacionados ao estudo de funções de uma ou várias variáveis e vetoriais, assim como limites, derivadas, integrais de funções de uma ou várias variáveis reais e suas respectivas aplicações<sup>2</sup>. No CEFET–MG/Timóteo, por exemplo, tais conteúdos são estudados nas disciplinas de Cálculo I e II. Além delas, a disciplina de Cálculo III engloba os conteúdos das Equações Diferenciais Ordinárias e a disciplina de Cálculo IV engloba os conteúdos de Sequências, Séries e Transformada de Fourier. Já na Universidade Federal de Itajubá, em Itabira (UNIFEI-Itabira), as disciplinas que se dedicam a estudar os conteúdos apontados anteriormente, são chamadas de Matemática – 0, I, III, IV, V, VI. Os

---

<sup>1</sup> Grupo de Pesquisa e Estudos Histórico-Culturais em Educação Matemática e Ciências da Faculdade de Educação (FaE) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e Grupo de Estudos e Pesquisa em Educação Matemática, Modelagem e Tecnologias do Departamento de Matemática da UFMG.

<sup>2</sup> Com isso, no presente texto, quando me refiro às disciplinas de Cálculo em um contexto de formação em Engenharia, estou fazendo referência a qualquer disciplina e/ou conteúdos que são englobados nas respectivas grades curriculares e/ou ementas que se destinam ao estudo dos tópicos apontados no parágrafo anterior, incluindo, portanto, os conteúdos de Equações Diferenciais Ordinárias, Sequências, Séries e Transformada de Fourier.

conteúdos de Equações Diferenciais Ordinárias, por exemplo, são estudados no Cálculo III do CEFET-MG/Timóteo e na Matemática IV da UNIFEI-Itabira.

No primeiro semestre de 2009, lecionei a disciplina Cálculo I para os ingressantes do curso de Engenharia de Computação do CEFET-MG, Unidade Timóteo. Em muitos momentos durante o desenvolvimento dessa disciplina, os alunos questionavam acerca da relevância da referida disciplina para a formação do engenheiro contemporâneo. Eles questionavam o real objetivo da disciplina e sempre se mostravam desmotivados em aprender os conteúdos. Reclamavam que não tinham a formação Matemática Básica necessária para a compreensão dos conceitos do Cálculo, que, para eles, eram muito difíceis de serem compreendidos. Uma fala ainda era recorrente nos diálogos que ocorriam durante as aulas: a possibilidade de uso dos *softwares* matemáticos como algo que pudesse “substituir” o estudo tradicional do Cálculo, o que, para eles, poderia minimizar os esforços de aprendizagem. Dullius, Araújo e Veit (2011, p. 18) enfatizam que tais questionamentos são frequentemente apontados por alunos dos cursos de Engenharia. Nas palavras das autoras:

Trabalhando há 10 anos com o ensino de Cálculo Diferencial e Integral nos cursos de Engenharia (de Computação, de Automação e Controle, de Produção e Ambiental) e Química Industrial notamos a insatisfação dos alunos por não perceberem importância desse conteúdo para o seu curso. A cada nova turma, repetem-se os questionamentos: por que fazer a mão essas contas enormes se existem máquinas para isso? Por que “decorar” tantas fórmulas, se o dia que precisar posso buscar em livros ou na *internet*? Por que preciso saber tudo isto, afinal?

Naquele semestre de 2009, optei por utilizar um trabalho de aplicação<sup>3</sup>, realizado em dupla, como uma das formas de avaliação da disciplina. No trabalho, objetivei que o Cálculo pudesse assumir um sentido mais útil no curso de Engenharia, o que, a meu ver, poderia possibilitar um menor distanciamento entre os conceitos do Cálculo e as demais disciplinas que compõem a grade curricular dos cursos de Engenharia. Sendo assim, os motivos pelos quais essa disciplina está presente nos cursos de Engenharia poderiam se tornar mais “visíveis” ou perceptíveis para os alunos. Além disso, aquele trabalho foi também uma tentativa de mostrar aos alunos que os conceitos estudados na disciplina eram realmente importantes e necessários para a formação do engenheiro e, mais do que isso, para sua formação cidadã.

---

<sup>3</sup> Pedi que eles procurassem e encontrassem algum problema oriundo de qualquer área não Matemática que pudesse ser solucionado com o auxílio do conteúdo abordado naquela disciplina, durante o semestre letivo. Tal problema deveria ser de interesse dos alunos que formavam a dupla e, se possível, que tivesse alguma relação ao curso de Engenharia da Computação – contexto de formação em questão.

Porém, meus objetivos foram parcialmente satisfeitos. A proposta do trabalho consistia na procura de um problema, de natureza não Matemática, que pudesse ser resolvido por meio da Matemática e que a solução fosse interpretada por meio da linguagem do mundo real. Os alunos tinham a liberdade de procurarem, inclusive, problemas que já estivessem resolvidos em algum livro ou *site*, restando apenas a tarefa de entender o problema, sua respectiva solução e apresentar o entendimento no dia estipulado para tal. Contudo, os alunos apresentaram dificuldades para a realização do trabalho. Alguns deles sugeriram que o trabalho fosse cancelado e que a nota fosse atribuída à última prova da disciplina. Muitos apresentaram dificuldades de entendimento quanto ao processo de formulação do problema em termos matemáticos (construir expressões matemáticas que representassem o problema). Para eles, depois de encontrar a “fórmula”, a dificuldade desaparecia, pois bastava aplicar algum método ou técnica já estudados na disciplina, como, por exemplo, derivar ou integrar uma função.

Naquele momento, percebi que os alunos demonstravam dificuldades em *matematizar* problemas de outras realidades, ou seja, (re)formular e resolver o problema matematicamente, interpretando sua solução não apenas matematicamente, mas, sobretudo, no contexto do qual o problema se originou. Desde então, comecei a pensar o que poderia ser feito para tentar sanar tais dificuldades.

Com base em minha experiência como professora de Cálculo em cursos de Engenharia, fiquei instigada em compreender qual seria o papel do uso das aplicações de Cálculo na formação do engenheiro, além de conhecer outras estratégias metodológicas que poderiam ser utilizadas para promover uma aprendizagem que possibilitasse a motivação dos estudantes, por meio da busca pelo entendimento dos conceitos da disciplina, focando o aspecto do uso de tais conceitos em situações oriundas de realidades que não fossem puramente matemáticas. Busquei, então, por leituras que pudessem me ajudar nessa caminhada.

Ainda em 2009, visando minimizar as inquietações vividas por mim nas aulas de Cálculo que ministrava no curso de Engenharia de Computação, li alguns artigos e relatos de experiência. Estudei, também, o livro *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia* de Rodney Bassanezi (BASSANEZI, 2006). No referido livro, a Modelagem Matemática pode ser compreendida como a:

arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real. [...] A modelagem pressupõe multidisciplinariedade. E, nesse sentido, vai ao encontro das novas

tendências que apontam para a remoção de fronteiras entre as diversas áreas de pesquisa (BASSANEZI, 2006, p. 16).

Além disso, Bassanezi (2006, p. 17) afirma que “a modelagem matemática, em seus vários aspectos, é um processo que alia teoria e prática, motiva seu usuário na procura do entendimento da realidade que o cerca e na busca de meios para agir sobre ela e transformá-la”.

A Modelagem Matemática realizada em contextos de Educação Matemática difere da Modelagem Matemática praticada por profissionais da Matemática Aplicada. Barbosa (2003), por exemplo, entende que a sala de aula configura um ambiente mais complexo, onde inúmeras variáveis estão em jogo, tais como os objetivos pedagógicos, a dinâmica de trabalho e a natureza das discussões matemáticas. Araújo (2002), por sua vez, destaca que, para os matemáticos aplicados, o trabalho com Modelagem Matemática tem por objetivo resolver algum problema não matemático, enquanto no âmbito da Educação Matemática, seu objetivo principal se concentra na formação matemática dos alunos, ao serem convidados a explorar matematicamente situações não matemáticas.

Um dos argumentos favoráveis à inserção da Modelagem<sup>4</sup> nas práticas de ensino mais apresentado pelos estudiosos da área de Modelagem na Educação Matemática consiste na preparação para a utilização da matemática em diferentes áreas, ou seja, “os alunos teriam a oportunidade de desenvolver a capacidade de aplicar matemática em diversas situações, o que é desejável para moverem-se no dia-a-dia e no mundo do trabalho” (BARBOSA, 2003, p. 3). Considerando minha atuação como docente das disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia, percebi que a Modelagem Matemática poderia ser utilizada na tentativa de propiciar uma melhor formação matemática em termos de aplicabilidade/usabilidade para os alunos de Engenharia, respondendo, assim, aos questionamentos dos alunos sobre os papéis de tais conteúdos na respectiva formação profissional.

No primeiro semestre de 2010, com a intenção de elaborar um projeto de doutorado que visasse à compreensão/análise das possibilidades de ensino-aprendizagem por meio da Modelagem Matemática em cursos de Engenharia, procurei por disciplinas oferecidas pelo programa de Pós-Graduação em Educação da UFMG, especificamente da linha da Educação Matemática. Cursei uma disciplina da linha Educação Matemática denominada *Letramento e Numeramento: teorias e práticas*. Nessa disciplina, pude refletir acerca de questões relacionadas à Educação Matemática, o que me ajudou a construir o projeto

---

<sup>4</sup> No texto que segue, às vezes, o termo Modelagem será utilizado com referência à Modelagem Matemática, apenas para evitar repetições desnecessárias.

requerido para o ingresso no Programa da mesma instituição. Participei do processo seletivo e em agosto de 2010 ingressei no doutorado. No projeto inicial, a pergunta diretriz era<sup>5</sup>:

*De que forma a Modelagem Matemática, aliada a recursos computacionais, pode inter-relacionar a disciplina de Equações Diferenciais Ordinárias<sup>6</sup> às demais disciplinas ‘técnicas’ dos cursos de Engenharia?*

Em todo o ano de 2010, lecionei a disciplina Cálculo III que, no CEFET-MG, engloba os conteúdos das Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs). Minha preocupação inicial estava focada na inter-relação da disciplina EDO com as demais disciplinas denominadas técnicas dos cursos de Engenharia. Meu entendimento estava alicerçado na concepção de que as EDOs são, por definição, aplicações dos conteúdos do Cálculo I – limites, derivadas e integrais de funções reais de uma variável real. Conforme Habre (2002, p. 2), “Equações Diferenciais são lindas aplicações de ideias e técnicas do Cálculo para solucionar vários problemas da vida real”<sup>7</sup>. Tinha, também, a intenção de considerar a utilização de recursos tecnológicos computacionais em trabalhos com Modelagem Matemática, já que: “há uma certa harmonia na parceria entre a Modelagem Matemática e tecnologias informáticas. Parece haver uma solicitação natural pelo uso de computadores e/ou calculadoras quando se está desenvolvendo algum trabalho de Modelagem Matemática.” (ARAÚJO, 2002, p. 43).

A maioria dos livros didáticos<sup>8</sup> atuais que trata das EDOs, as concebe como entes matemáticos abstratos que podem ser aplicados em vários ramos da ciência. Os autores, em

<sup>5</sup> “Um dos momentos cruciais no desenvolvimento de uma pesquisa é o estabelecimento da *pergunta diretriz*. É ela que, como o próprio nome sugere, irá dirigir o desenrolar de todo o processo. [...] elaborar, ou melhor, construir uma pergunta diretriz é um ponto crucial, do qual depende o sucesso da pesquisa. [...] O processo de construção da pergunta diretriz de uma pesquisa é, na maioria das vezes, um longo caminho, cheio de idas e vindas, mudanças de rumos, retrocessos, até que, após um certo período de amadurecimento, surge a *pergunta*. Um grande problema que percebemos em diversas pesquisas é que, muitas vezes, o caminho não é apresentado pelo autor.” (ARAÚJO; BORBA, 2006, p. 29, grifo do autores).

<sup>6</sup> Na ocasião da elaboração do projeto de doutorado, estava focada apenas em compreender a Modelagem em cursos de Engenharia em termos da disciplina Cálculo III do CEFET-MG, que engloba os conteúdos das *Equações Diferenciais Ordinárias*, que podem ser compreendidas da seguinte forma: “uma equação que contém as derivadas ou diferenciais de uma ou mais variáveis dependentes, em relação a uma ou mais variáveis independentes, é chamada de **equação diferencial (ED)**” (ZILL; CULLEN, 2008, p. 2, grifo dos autores). Equações Diferenciais podem ser classificadas em *Ordinárias* (EDO) – quando envolvem funções (e suas derivadas) de apenas uma variável –, ou *Parciais* (EDP) – quando envolvem funções (e suas derivadas) de mais de uma variável.

<sup>7</sup> Tradução realizada por mim de “Differential equations are a beautiful application of the ideas and techniques of calculus to solve various real life problems.”

<sup>8</sup> Por exemplo, (i) Boyce e DiPrima (1996); (ii) Zill e Cullen (2008); (iii) Edwards e Penney (1996) e (iv) Zill (1997).

geral, dedicam parte dos capítulos para o estudo das aplicações das EDOs<sup>9</sup> separados do tratamento teórico. A dicotomia teoria-aplicação, difundida nos livros de EDO, pode fomentar um debate sobre as metodologias utilizadas pelos professores em tais disciplinas, mediante o que é esperado em termos da formação matemática dos alunos das Engenharias.

Metodologicamente, ao trabalharmos com aplicações, podemos assumir um caráter meramente de resolução de problemas, muitas vezes fictícios, inventados pelos autores dos livros didáticos, ou adaptados por eles, para apenas justificar o estudo de uma teoria matemática, ou ainda para tornar os conteúdos mais ligados a situações de uma dada “realidade”. Porém, ao mesmo tempo em que a matemática pode se justificar mediante a apresentação de um problema, ainda que fictício, alguma(s) dificuldade(s) pode(m) emergir em tal prática, quando as hipóteses e simplificações necessárias ao entendimento do problema não são apresentadas ou explicitadas nos livros didáticos. Muito difundido nos livros de EDO, o modelo<sup>10</sup> que representa a *Lei de Newton do Resfriamento de Corpos*<sup>11</sup> é apresentado sem levar em conta as hipóteses e simplificações para o entendimento da realidade física em questão, representada por meio de um modelo matemático – uma EDO.

Habre (2000) entende que as Equações Diferenciais Ordinárias devem existir nos currículos, pois estabeleceriam o elo entre a Matemática e as demais Ciências. Nesse sentido, Bassanezi (2006, p. 35) afirma que: “A tônica dos cursos de graduação é desenvolver disciplinas matemáticas ‘aplicáveis’, em especial aquelas básicas que já serviram como auxiliares na modelagem de fenômenos de alguma realidade como Equações Diferenciais Ordinárias e Parciais.”

No contexto dos cursos de Engenharia, a Modelagem Matemática, ao pressupor multidisciplinaridade, vai ao encontro do que Fraga, Novaes e Dagnino (2010, p. 154) acreditam que “a formação em engenharia deve se dar a partir de um problema colocado pela sociedade, e a solução desse problema, não apenas teoricamente, mas também na prática, colocaria a necessidade de se aprender conhecimentos teóricos”.

Baldino e Cabral (2004, p. 139) acreditam que o ensino de disciplinas matemáticas em cursos de Engenharia se tornou problema após a reforma universitária de 1969, que “aboliu a estrutura de cátedras e implantou a de departamentos e institutos básicos,

---

<sup>9</sup> A esse respeito, ver Boyce e DiPrima (1996), capítulo 2, seção 2.5 – *Aplicações das Equações Lineares de Primeira Ordem*.

<sup>10</sup> Segundo Bassanezi (2006, p. 19), “quando se procura refletir sobre uma porção da realidade, na tentativa de explicar, de entender, ou de agir sobre ela – o processo usual é selecionar, no sistema, argumentos ou parâmetros considerados essenciais e formalizá-los através de um sistema artificial: o modelo”.

<sup>11</sup> A “Lei de Newton do Resfriamento de Corpos” afirma que a taxa de resfriamento de um corpo é proporcional à diferença entre a temperatura do corpo e a temperatura do meio ambiente.

seguindo o modelo vigente nos Estados Unidos”. Tal departamentalização afastou os conhecimentos ditos *básicos* dos *profissionais*, promovendo uma cisão dos conhecimentos. Dessa forma, os professores que lecionam as disciplinas de Matemática, muitas vezes, não têm conhecimento sobre a necessidade dos conteúdos que lecionam para a formação dos futuros engenheiros. Isso pode ser asseverado pelo fato de, raramente, tais disciplinas, consideradas do *ciclo básico*, serem relacionadas com as demais, tanto aquelas do próprio *ciclo básico*, quanto aquelas da área *técnica ou profissional*.

Nesse sentido, Baldino e Cabral (2004, p. 176) refletem sobre uma situação em que foi apresentado um problema de aplicação de EDO na Física: um sistema massa-mola. Afirmam que “nas universidades departamentalizadas essa ‘matéria’ é considerada de Física, e o professor de matemática não tem o direito de ‘ensinar’ a aplicar a segunda lei de Newton”. Tal regra, embora não exista explicitamente, pode permear as práticas pedagógicas das universidades departamentalizadas, podendo ser descumprida, por exemplo, mediante a inserção de problemas de outras realidades, que sejam solucionados com o auxílio de ferramentas matemáticas.

Em cursos de Engenharia, as disciplinas de Cálculo podem ser consideradas *disciplinas em serviço* (BARBOSA, 2004a). Essa expressão é usada para designar as disciplinas matemáticas ministradas em graduações que não são de Matemática. Ou seja, trata-se de disciplinas de conteúdo matemático em cursos que não formam matemáticos (ou professores de matemática).

Moreno e Azcárate Giménez (2003) detectam que não há clareza nos objetivos atuais da disciplina Equações Diferenciais Ordinárias, o que dificulta o trabalho dos professores em atribuírem metas a serem alcançadas. Como consequência, acabam ensinando conteúdos que estão nos currículos tradicionais, mas que hoje perderam seu sentido e sua razão de ser, devido aos avanços tecnológicos. Tais autores percebem “a necessidade de um debate e séria reflexão sobre a utilidade, interesse e importância dos atuais conteúdos para um ensino e aprendizagem mediados pelas novas tecnologias e condicionados pelas demandas sociais.”<sup>12</sup> (MORENO; AZCÁRATE GIMÉMEZ, 2003, p. 278).

A necessidade de repensar os processos pedagógicos utilizados atualmente por muitos professores de EDO em cursos de Engenharia, bem como a inserção das ferramentas

---

12 Tradução realizada por mim de “la necesidad de un debate y reflexión seria sobre la utilidad, interés e importancia de los contenidos actuales para un aprendizaje y una enseñanza mediatizada por las nuevas tecnologías y condicionada por las demandas sociales.”

disponíveis, também foi enfatizada em uma pesquisa realizada por Dullius, Araújo e Veit (2011, p. 20), que nos fornecem o seguinte posicionamento:

Comparando o contexto de ensino das EDs hoje em dia com o que se tinha na metade do século passado, percebemos que os tipos de alunos são outros, as necessidades e exigências do mercado de trabalho não são as mesmas, assim como as ferramentas disponíveis, mas a maioria das aulas continuam, em essência, sendo ministradas da mesma forma. Os currículos precisam ser repensados e os avanços tecnológicos considerados.

O enfoque frequentemente dado à disciplina se baseia na apresentação de uma EDO e do seu respectivo método de resolução. Habre (2002, p. 2) afirma que “equações são usualmente classificadas, e para cada classe um método de solução é apresentado”<sup>13</sup>. Tal enfoque pode ser insuficiente sob a perspectiva da utilidade dos conteúdos de tal disciplina nos cursos de Engenharia. Encontrar a solução explícita da EDO, sem fazer outros tipos de análises a respeito das equações em si e de possíveis usos como ferramentas para a resolução de problemas correlatos aos cursos de Engenharia, pode se configurar como algo contraditório, pois pode levar os alunos a uma preocupação exclusiva com os métodos de resolução, deixando de lado o objetivo principal que consistiria no entendimento do processo (ou fenômeno) que gerou determinada EDO, assim como interpretar suas soluções em consonância com o fenômeno que ela representa.

Além disso, como afirma Bassanezi (2006, p. 125), “somente um grupo reduzido de equações diferenciais admite solução na forma de uma função analiticamente explícita”. Com essa abordagem das EDOs, deixam-se de lado vários enfoques relevantes, como o processo da formulação de modelos, bem como o estudo qualitativo com abordagem substancialmente geométrica, conforme aponta Javaroni (2007, p. 20), em sua tese. A autora afirma:

[...] que o processo de formulação dos modelos e a interpretação das soluções ou do comportamento das soluções são tão importantes quanto as técnicas de resolução das equações diferenciais ordinárias e que este aspecto deve ser trabalhado para que os alunos desenvolvam capacidades de análise e interpretação. A questão da visualização é essencial no entendimento dos aspectos dinâmicos de um curso introdutório de equações diferenciais e o entendimento da derivada como variação de uma curva é central na interpretação de gráficos, bem como o comportamento das soluções ao longo do tempo e a existência de um estado de equilíbrio.

---

<sup>13</sup> Tradução realizada por mim de “Equations are usually classified, and for each class a method of solution is presented”.

A ênfase qualitativa permite uma multiplicidade de possibilidades para uma melhor exploração dos conteúdos abordados em Equações Diferenciais Ordinárias. Contudo, deve-se pontuar que, devido à complexidade da análise qualitativa de algumas Equações Diferenciais Ordinárias, o uso de *softwares* é imprescindível. Para uma abordagem qualitativa dos campos de direções, pode-se utilizar os *softwares* como Maple e/ou WinPlot<sup>14</sup>, entre outros que permitem a visão e a exploração do comportamento desses campos de direções, bem como o comportamento da própria solução.

Habre (2000) afirma que a abordagem das Equações Diferenciais Ordinárias, no cenário internacional, vem passando por mudanças no âmbito estrutural, tornando-se cada vez mais visual (geométrica) e numérica, o que ampliaria a visão do aprendiz sobre o conteúdo estudado. O autor chama a atenção para o fato de poucas pesquisas estarem sendo desenvolvidas em relação ao entendimento dos alunos quanto a essa abordagem. Contudo, no âmbito nacional, “em geral, as análises geométrica e numérica não são abordadas no estudo dos modelos” (JAVARONI, 2007, p. 20).

Vale ressaltar que, apesar de, inicialmente, ter feito um levantamento dos estudos e pesquisas sobre os processos de ensino-aprendizagem de EDO, no decorrer do desenvolvimento da pesquisa, ainda na fase de construção teórica, decidi<sup>15</sup> não ficar restrita apenas aos conteúdos dessa disciplina<sup>16</sup>, mas passei a considerar os conteúdos das disciplinas de Cálculo que permeiam os currículos dos cursos de Engenharia. Tal decisão estava vinculada ao formato da intervenção que tinha decidido realizar. Naquele momento, não havia qualquer garantia que os conteúdos de EDO apareceriam na atividade que seria analisada. Contudo, durante a fase da construção dos dados para a referida pesquisa, conteúdos de EDO estiveram presentes na atividade de modelagem analisada. Por esse motivo, optei por deixar, no presente texto, esse breve levantamento sobre os processos de ensino-aprendizagem de EDO.

## **Desdobramentos da proposição da pesquisa**

---

<sup>14</sup> A esse respeito ver [www.maplesoft.com](http://www.maplesoft.com), [pt.wikipedia.org/wiki/Maple](http://pt.wikipedia.org/wiki/Maple), [www.mat.ufpb.br/sergio/winplot](http://www.mat.ufpb.br/sergio/winplot).

<sup>15</sup> Tal decisão foi ancorada no fato de não haver, *a priori*, nenhuma garantia de que na atividade de Modelagem Matemática constituinte dos dados que foram construídos para a pesquisa relatada nesta tese, as EDOs estariam presentes, já que o tema seria escolhido de forma coletiva pelos sujeitos.

<sup>16</sup> No CEFET-MG, a disciplina Cálculo III trata dos conteúdos de EDO e na instituição que configurou como contexto da pesquisa, os conteúdos de EDO são abordados na disciplina BAC 022 – Matemática IV.

Após o ingresso no referido programa de doutorado, ainda em 2010, comecei a participar do Grupo de Pesquisa e Estudos Histórico-Culturais em Educação Matemática e Ciências da Faculdade de Educação da UFMG, do qual a orientadora desta pesquisa é coordenadora, na tentativa de buscar um referencial teórico que possibilitasse o desenvolvimento desta pesquisa. Comecei, então, a realizar leituras, participar das reuniões do grupo e discutir com colegas e professores sobre as teorias denominadas de Histórico-Culturais, originadas nos estudos de Vygotsky.

Uma das leituras realizadas em 2010 – o texto de Engeström (2002) – começou a dar um novo direcionamento para a pesquisa. Nele, é abordada a questão da descontinuidade entre atividades escolares e atividades fora da escola. O autor coloca os conhecimentos escolares como algo encapsulado, distante da realidade cotidiana dos indivíduos que participam de tais práticas, e denomina tal fenômeno de *encapsulação da aprendizagem escolar*. Ao refletir sobre os motivos que levam os indivíduos a participarem de atividades escolares, enfatiza que, na maioria das vezes, eles não aprendem para a vida, mas para a escola. Frequentemente, em variadas esferas da sociedade atual, ouvimos pessoas falando que “precisam estudar para a prova” e são raras as vezes que ouvimos pessoas falando que “precisam estudar para aprender”. Engeström (2002) exemplifica a abordagem de uma atividade cotidiana – a busca pelo entendimento das fases da Lua – respondendo à pergunta “Por que a lua muda a sua forma?” Para ele, todas as atividades escolares deveriam ser iniciadas com questões-problema que instiguem os participantes a pensarem, refletirem e buscarem entendimento para tal questão. Engeström (2002) se apoia em Resnick (1987), que teceu uma reflexão acerca da descontinuidade e do isolamento entre os conceitos estudados durante o processo de escolarização e o resto daquilo que fazemos nos momentos da vida que passamos fora da escola. Nas palavras do autor:

O processo de escolarização parece encorajar a ideia de que o “jogo da escola” é aprender regras simbólicas de vários tipos, de que não se supõe haver muita continuidade entre o que alguém sabe fora da escola e o que se aprende na escola. [...] A escolarização cada vez mais parece isolada do resto daquilo que fazemos (RESNICK, 1987, p. 15 apud ENGESTRÖM, 2002, p. 176).

Baseando em Engeström (2002), por analogia, apropriei-me do termo *encapsulação* para me referir à descontinuidade entre as atividades desenvolvidas nas disciplinas de Cálculo e as demais atividades institucionais que compõem a formação do engenheiro.

Tomando por base a Teoria da Aprendizagem Expansiva de Engeström (1987), que propõe uma concepção “própria” de aprendizagem, entendendo-a como algo coletivo – não mais centrado apenas na cognição individual –, bem como a psicologia histórico-cultural de Vygotsky, entende-se que tal concepção de aprendizagem parece ser uma opção teórica propícia para a análise de possíveis aprendizagens que acontecem por meio de práticas de Modelagem Matemática em cursos de Engenharia, por se tratar de atividades coletivas, realizadas em grupo e por ser considerada uma prática não padronizada, onde não é possível delinear a priori, no planejamento, o que acontecerá na prática. Neste sentido, pode-se entender que práticas de Modelagem, muitas vezes, são aprendidas enquanto estão sendo criadas.

Além disso, Engeström (2001) aponta que teorias clássicas de aprendizagem focam nos processos em que o sujeito individual adquire algum conhecimento ou habilidade identificável, fazendo com que o sujeito possa mudar de comportamento, atitudes, ações. Tais conhecimentos ou habilidades são tomados como estáveis e bem definidos. O professor competente, segundo essas teorias, é aquele que sabe o conteúdo a ser ensinado e aprendido pelos alunos. Contudo, Engeström (2001, p. 136-137) reflete que muitos dos tipos mais intrigantes de aprendizagens em organizações de trabalho violam essa pressuposição:

Pessoas e organizações estão a todo tempo aprendendo algo que não é estável, nem mesmo definido ou entendido à priori. Em importantes transformações de nossas vidas pessoais e práticas organizacionais, nós precisamos aprender novas formas de atividade que ainda não existem. Elas são aprendidas literalmente enquanto estão sendo criadas. Não existe professor competente. Teorias padrão de aprendizagem têm pouco a oferecer se alguém quiser entender tais processos<sup>17</sup>.

A aprendizagem expansiva, segundo Engeström (2002, p. 196), “explora os conflitos e insatisfações existentes entre professores, alunos, pais e outros implicados na escolarização, ou afetados por ela, convidando-os a se reunir numa transformação concreta da prática corrente”. Sugere, ainda, que “os aprendizes precisam, antes de tudo, ter uma oportunidade de analisar criticamente e sistematicamente sua atividade presente e suas contradições internas” (ENGESTRÖM, 2002, p. 192). Os termos atividade e contradições

---

<sup>17</sup> Tradução realizada por mim de “People and organizations are all the time learning something that is not stable, not even defined or understood ahead of time. In important transformations of our personal lives and organizational practices, we must learn new forms of activity which are not yet there. They are literally learned as they are being created. There is no competent teacher. Standard learning theories have little to offer if one wants to understand these processes.”

internas são conceitos da Teoria da Atividade e serão mais bem definidos no capítulo seguinte.

A análise sistemática da atividade presente e suas contradições internas, portanto, configura-se como um ponto de partida ou força motriz para transformações expansivas das práticas sociais, devido ao fato de que “se o homem vivesse em plena harmonia com a realidade, ou absolutamente conciliado com seu presente, não sentiria a necessidade de negá-los idealmente nem de configurar em sua consciência uma realidade ainda inexistente” (SÁNCHEZ VÁZQUEZ, 1977, p. 189).

As discussões apresentadas por Engeström (1987; 2001; 2002; 2008) me levaram a refletir sobre as possibilidades de análise dos fenômenos que podem ocorrer em práticas de Modelagem Matemática em cursos de Engenharia, utilizando o aporte teórico da Aprendizagem Expansiva. Para Engeström (2002, p. 197), a Aprendizagem Expansiva propõe romper a *encapsulação da aprendizagem escolar*, pois o próprio contexto da aprendizagem é alterado. Nas palavras do autor, “a abordagem da aprendizagem expansiva romperia a encapsulação da aprendizagem escolar por uma ampliação gradual do objeto e do contexto da aprendizagem”.

Entendendo que uma finalidade prefigura idealmente o que ainda não se conseguiu ou o que ainda se pretende alcançar, “ao propor objetivos, o homem nega uma realidade efetiva, e afirma outra que ainda não existe” (SÁNCHEZ VÁZQUEZ, 1977, p. 189). Ao analisar sistematicamente as atividades de que participei até tal momento histórico de minha formação, aliadas às leituras e informações que tive acesso após o ingresso no referido programa de pós-graduação, incluindo a participação em grupos de pesquisa, fui conduzida à produção de novos objetivos que passaram a orientar a pesquisa relatada nesta tese, diferentes daqueles que havia adotado inicialmente, mas ainda assim relacionados entre si.

O objetivo didático-pedagógico impresso no projeto inicial de doutorado submetido à seleção para ingresso no programa de pós-graduação consistia em melhorar a inter-relação da disciplina EDO e as demais disciplinas técnicas dos cursos de Engenharia por meio de atividades de Modelagem Matemática. A questão de pesquisa buscava por análises relacionadas às formas que a Modelagem Matemática poderia assumir para o cumprimento de tal objetivo, ou seja, usando a terminologia de Engeström (2002): de que forma a Modelagem Matemática, aliada a recursos computacionais, poderia romper com a *encapsulação* da disciplina EDO em cursos de Engenharia? Um resultado esperado, ainda que hipoteticamente, consistia na melhoria da formação matemática dos engenheiros. Vale ressaltar que atividades

de Modelagem podem assumir diferentes objetivos em diferentes contextos de formação. O principal objetivo, geralmente delimitado pelos professores, acaba por definir a perspectiva de Modelagem (KAISER; SRIRAMAN, 2006) assumida em determinado contexto formativo. Tal questão será tratada mais formalmente no capítulo seguinte desta tese. Por agora, detenho-me em explicitar o que foi alterado em relação à questão de pesquisa.

Primeiramente, o objetivo principal da pesquisa relatada nesta tese teve uma essencial mudança no foco. Inicialmente, a meta da pesquisa era relatar/analisar o efeito que a Modelagem Matemática poderia causar em cursos de Engenharia no sentido das possibilidades de inter-relações de EDO com as demais disciplinas dos referidos cursos. Após reformular o projeto, inserindo-lhe “lentes” teórico-analíticas – as Teorias da Atividade e da Aprendizagem Expansiva-, senti a necessidade de modificar o foco da questão de pesquisa: passei a focar nas possibilidades de aprendizagens expansivas que pudessem ser evidenciadas pelas e nas atividades desenvolvidas por um grupo de estudos e pesquisa sobre Modelagem Matemática, em um contexto de formação em Engenharias. Com isso, as próprias aprendizagens expansivas, caso ocorressem, poderiam possibilitar, inclusive, o rompimento da *encapsulação* de conteúdos estudados nas disciplinas de Cálculo, pois o próprio contexto da atividade tradicional de formação em Engenharia seria<sup>18</sup> alterado, mediante uma ampliação gradual do objeto e do contexto da aprendizagem<sup>19</sup>.

Em segundo lugar, a forma que a Modelagem Matemática assumiria nessa pesquisa já estava também definida: como foco de estudos, discussões e reflexões de um Grupo de Estudos e Pesquisa em Modelagem Matemática<sup>20</sup> (GEPMM). Frequentemente, práticas escolares de Modelagem são concebidas como coletivas – realizadas em grupos. Baseada em Engeström (2001), acabei por decidir pela constituição de um Grupo de Estudos e Pesquisa em Modelagem Matemática, já que os sujeitos que porventura aceitassem se engajar em tais atividades precisariam aprender novas formas de atividade, constituindo, assim, novas formas de aprendizagem que ainda não existiam no referido contexto formativo. Na instituição destinada à formação de engenheiros, definida como contexto empírico para o desenvolvimento da presente pesquisa, não existiam, de fato, atividades de Modelagem Matemática em formato algum. Ao objetivar a análise das possibilidades de aprendizagens

---

<sup>18</sup> Explicações mais pontuais quanto às transformações do objeto e do contexto de aprendizagem podem ser encontradas no capítulo 1 deste texto.

<sup>19</sup> Engeström (2002, p. 197) enfatiza que “a abordagem da aprendizagem expansiva romperia a encapsulação da aprendizagem escolar por uma ampliação gradual do objeto e do contexto da aprendizagem”.

<sup>20</sup> Por vezes, utilizarei apenas a sigla GEPMM para me referir ao Grupo de Estudos e Pesquisa em Modelagem Matemática.

expansivas evidenciadas nas/pelas atividades de um grupo de Modelagem, poderia – a atividade – ocorrer dentro ou fora da sala de aula.

Finalmente, em terceiro lugar, está a definição de que o grupo de Modelagem realizaria suas atividades fora da sala de aula, num formato que possibilitasse estudos, pesquisa, e que as atividades pudessem ser documentadas em um longo período de tempo. Caso tivesse optado em propor o formato de atividade de Modelagem dentro de sala de aula, de certo, teria implícito em tal proposta, um prazo que delimitaria a própria questão de pesquisa. Aprendizagens expansivas necessitam de análises de longo prazo, constituem transformações qualitativas<sup>21</sup> em práticas sociais, em atividades coletivas, e não mudanças em sujeitos, em suas atitudes e/ou habilidades e competências, ainda que as atitudes dos sujeitos possam ser analisadas em tal quadro teórico-analítico (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b). Nesse sentido, nesta tese, busco analisar possibilidades de aprendizagens expansivas em práticas formativas, sendo aprendidas literalmente enquanto estariam sendo criadas (numa instituição destinada à formação de engenheiros), mediante a constituição de um contexto formativo mais amplo – o GEPMM. Isso será mais bem discutido nos demais capítulos desta tese.

Vale ressaltar que tais objetivos, e a adequação das ações a eles, configuraram-se mediante os ajustes que, na maioria das vezes, foram tentativas de aproximação entre as idealizações impressas em um projeto de pesquisa e uma pesquisa em movimento – um “design” emergente (ARAÚJO; BORBA, 2006). Uma pesquisa em movimento pressupõe aquisição de novas idealizações necessárias em cada parte, cada aglomerado de ações que está atrelado à finalidade da pesquisa em questão. Isso inclui transformações qualitativas em termos de acesso e incorporação de teorias à pesquisa por parte do pesquisador, modificações relacionadas à metodologia e procedimentos para a construção dos dados da referida pesquisa, o que acaba por implicar em modificações na pergunta diretriz.

Sendo assim, após aprofundamento teórico e construção dos dados para a presente pesquisa, que serão apresentados nos próximos capítulos, outros direcionamentos em relação à pergunta diretriz se fizeram necessários. Entre idas e vindas, recortes e costuras, a presente tese se orientou pela seguinte pergunta diretriz:

---

<sup>21</sup> O termo Transformações Qualitativas, constituinte da Teoria da Aprendizagem Expansiva de Engeström (1987) será mais bem definido no capítulo seguinte desta tese. Por hora, vale ressaltar que transformações qualitativas sugerem mudanças em práticas sociais.

***Quais aprendizagens expansivas podem ser evidenciadas pelas e nas atividades desenvolvidas por um Grupo de Estudos e Pesquisa em Modelagem Matemática (GEPMM<sup>22</sup>) em um contexto de formação em Engenharias?***

### **Estrutura da tese**

No capítulo 1 desta tese, intitulado *Atividades formativas à luz da teoria histórico-cultural da Atividade e da Aprendizagem Expansiva*, apresento os pressupostos teóricos que foram utilizados na concepção, assim como na análise dos dados construídos para a presente investigação.

No capítulo 2, intitulado *Cálculo e Modelagem na Engenharia: concepções, perspectivas e a atual formação do engenheiro*, discorro sobre alguns tópicos relacionados ao contexto da presente investigação. Exponho brevemente a legislação que normatiza a formação de engenheiros no Brasil atualmente, aponto alguns aspectos relacionados aos processos de ensino-aprendizagem das disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia, e, nesse contexto, apresento a Modelagem Matemática como um espaço formativo alternativo. Além disso, com base na literatura sobre Modelagem na Educação Matemática, busco por concepções e perspectivas relacionadas a essa atividade, apresentando uma revisão de literatura com foco na Modelagem em processos de ensino-aprendizagem relacionada às disciplinas de Cálculo dos cursos de Engenharia.

No capítulo 3, intitulado *Metodologia de Pesquisa e Procedimentos*, explicito os motivos que fizeram com que a abordagem da presente investigação fosse qualitativa, apresento os procedimentos e instrumentos para a construção e a análise dos dados. Além disso, delimito o contexto da pesquisa, apresentando o contexto institucional e as aulas de Cálculo, assim como a constituição do contexto alternativo - GEPMM - e os sujeitos nele envolvidos.

No capítulo 4, intitulado *Os dados construídos e analisados: a constituição do GEPMM como ciclo de ações potencialmente expansivas*, apresento uma análise da constituição do GEPMM com base no arcabouço teórico apresentado no capítulo 2, mais especificamente, no ciclo de *ações expansivas* (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b). Para tal,

---

<sup>22</sup> Vale ressaltar que o GEPMM se configura um espaço formativo alternativo, realizando suas ações fora da sala de aula tradicional, tanto de Cálculo quanto das demais disciplinas dos cursos de Engenharia. Os motivos que podem complementar a justificativa para tal escolha metodológica podem ser encontrados no capítulo 2.

utilizo os dados construídos para a presente investigação, elaborando, inclusive, uma resenha do que aconteceu nos encontros do GEPMM, utilizados como *corpus* de análise.

No capítulo 5, intitulado por *Modalidades Analíticas*, construo um tipo de arcabouço analítico, com o objetivo de satisfazer ao questionamento impresso na pergunta de pesquisa: *quais aprendizagens expansivas podem ser evidenciadas pelas e nas atividades desenvolvidas por um GEPMM em um contexto de formação em Engenharias?* Elaborei quatro modalidades analíticas e as intitulei:

1ª Modalidade => Dialética da Existência da “Tela” Invisível: GEPMM como possibilidade para aprendizagem expansiva por meio da construção de parceria docente-discente num contexto de formação em Engenharias;

2ª Modalidade => Os *sujeitos*, a *multi-agency* e as múltiplas *atividades*: possibilidade para aprendizagem expansiva como movimento na *zona de desenvolvimento proximal* das *atividades* docente-discente mediante a formação de parcerias;

3ª Modalidade => Modelagem e a *caixa preta* do “peso corporal ideal” num contexto de formação em Engenharias: do Cálculo em *ação* às aprendizagens expansivas como transformações qualitativas do *objeto* da *atividade*;

4ª Modalidade => *Multivocalidade* e *agency* evidenciadas pelas interações tecnomediadas em *atividades* de Modelagem Matemática: idealizações desencadeadoras de aprendizagens potencialmente expansivas num contexto de formação em Engenharias.

No capítulo 6, intitulado *Considerações Finais*, faço um tipo de fechamento de ideias com respeito à investigação relatada nesta tese. Além disso, delimito, de antemão, um horizonte possível para nortear pesquisas futuras.

## 1 ATIVIDADES<sup>23</sup> FORMATIVAS À LUZ DA TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL DA ATIVIDADE E DA APRENDIZAGEM EXPANSIVA

Neste capítulo, apresento os pressupostos teóricos que foram utilizados na concepção desta pesquisa, em especial na análise dos dados construídos para tal fim.

Podendo ser entendida como uma teoria ancorada na Teoria Histórico-Cultural<sup>24</sup>, a Teoria da Atividade se fundamenta na teoria marxista, que estabelece o trabalho como algo que desempenha papel central no desenvolvimento humano, humanizando e possibilitando o desenvolvimento da cultura, que, por sua vez, influencia e é influenciada pelo contexto histórico-social. Sob essa ótica, as diferenças entre os homens e os outros animais não podem ser simplesmente explicadas pela evolução biológica<sup>25</sup>.

O homem, tal como os outros animais, cotidianamente se defronta com necessidades<sup>26</sup> que o impulsiona a planejar ações na tentativa de satisfazer tais necessidades. Contudo, o homem se diferencia dos demais animais “ao assumir uma posição de não indiferença perante a natureza” (RIGON; ASBAHR; MORETTI, 2010, p. 16). Isto é, o homem se apropria da natureza buscando satisfazer necessidades que não estão apenas relacionadas à garantia de sua existência biológica, mas, sobretudo, cria necessidades relacionadas à sua existência cultural. Dessa forma,

Ao agir intencionalmente sobre a natureza, visando transformá-la de modo a satisfazer suas necessidades, produzindo o que deseja e quando deseja, o homem, ao mesmo tempo que deixa sobre a natureza as marcas da atividade humana, também transforma a si próprio constituindo-se humano. Para que toda e qualquer atividade se configure como humana, é essencial, então, que seja movida por uma intencionalidade, sendo esta, por sua vez, uma resposta à satisfação das necessidades que se impõem ao homem em sua relação com o meio em que vive, natural ou culturalizado (RIGON; ASBAHR; MORETTI, 2010, p. 17).

Para Sánchez Vázquez (1977), a atividade humana pode, em alguns casos, ter uma “semelhança externa” com certos atos dos animais, como, por exemplo, a atividade de caça.

---

<sup>23</sup> Buscando distinguir o termo atividade do senso comum, destacarei usando itálico – *atividade* – quando estiver me referindo à teoria da atividade.

<sup>24</sup> Tem como projeto central estudar a formação da subjetividade dos indivíduos a partir de seu mundo objetivo, concreto, isto é, a formação da consciência humana em sua relação com a atividade (RIGON, ASBAHR, MORETTI, 2010, p. 22).

<sup>25</sup> “Segundo Vygotsky, o comportamento e a mente humanos devem ser considerados em termos de ações intencionais e culturalmente significativas, em vez de respostas biológicas adaptativas” (KOZULIN, 2002, p. 116).

<sup>26</sup> O termo necessidade, com base na teoria marxista, está relacionado com carecimento ou carência.

Contudo, para o autor, somente a atividade humana caracteriza-se essencialmente pela atividade da consciência, da qual é inseparável. O autor afirma que a atividade da consciência

[...] se desenvolve como produção de objetivos que prefiguram idealmente o resultado real que se pretende obter, mas se manifesta, também, como produção de conhecimentos, isto é, em forma de conceitos, hipóteses, teorias ou leis mediante os quais o homem conhece a realidade (SÁNCHEZ VÁZQUEZ, 1977, p. 191).

A *capacidade de planejar* ações, que configura, de alguma forma, a intencionalidade, assim como formas específicas de linguagem, pode ser observada em todos os tipos de animais. Porém,

[...] a ação planejada de todos os animais, em seu conjunto, não conseguiu imprimir sobre a terra a marca de sua vontade. Isso aconteceu com o aparecimento do homem. Em uma palavra, o animal utiliza a natureza exterior e produz modificações nela pura e simplesmente com sua presença, entretanto, o homem, por meio de modificações submete-a [a Natureza] a seus fins, a domina. É esta a suprema diferença entre o homem e os animais; diferença decorrida também do trabalho (ENGELS, 2002, p. 125).

A *faculdade de projetar*, que delimita e configura a distinção entre homens e os demais animais, foi debatida por Pinto (2005a, p. 54), que enfatizou que a “essência do projeto consiste no modo de ser do homem que se propõe criar novas condições de existência para si”. O autor está em sintonia com a visão de Engels (2002):

O projeto é na verdade a característica peculiar, porque engendrada no plano do pensamento, da solução humana do problema da relação do homem com o mundo físico e social. [...] O poder da ação que o homem manifesta sobre a natureza distingue-se do possuído pelos demais seres vivos por se exercer em consequência da capacidade de projetar. [...] pela ação dos homens, a realidade se vai povoando de produtos de fabricação intencional, realizada pelo ser que se tornou projetante (PINTO, 2005a, p. 55).

Álvaro Pinto (2005a) entende que o homem é o único ser vivo capaz de manifestar/produzir representações de uma dada realidade no pensamento e, a partir dela, fazer emergir, ainda no plano mental, uma sequência de ações direcionadas a uma finalidade ligada a essa realidade. Pinto (2005a, p. 59, grifos meus) esclarece ainda que,

O projeto significa o relacionamento da *ação* a uma *finalidade*, em vista da qual são preparados e dispostos meios necessários e convenientes. O conceito de projeto revela que o sistema nervoso superior só é capaz de concebê-lo quando supera o condicionamento hereditário imposto pelas estruturas invariáveis recebidas diretamente da natureza, tornando-se então fonte de outras formas de condicionamento, as que procedem no reflexo das coisas efetuando em suas células

cerebrais, em íntimas ligações com o exercício da atividade em condições sociais. Esta análise mostra desde já o caráter necessariamente técnico de toda ação humana, pois *agir significa um modo de ser ligado a alguma finalidade que o indivíduo se propõe cumprir*.

Dessa forma, não seria possível compreender a atividade humana desconsiderando sua relação com a consciência, pois essas duas categorias, na verdade, podem ser entendidas como constituintes de uma unidade dialética, como segue:

Nas relações entre consciência e atividade, a consciência é a forma especificamente humana do reflexo psíquico da realidade, ou seja, é a expressão das relações do indivíduo com o mundo social, cultural e histórico, que abre ao homem um quadro do mundo em que ele mesmo está inserido. A consciência refere-se, assim, à possibilidade humana de compreender o mundo social e individual como passíveis de análise (RIGON; ASBAHR; MORETTI, 2010, p. 20).

A origem do conceito atividade na psicologia soviética pode ser encontrada nos estudos de Vigotski<sup>27</sup> (1896-1934), sugerindo que a atividade socialmente significativa pode ser considerada como um dos fatores que *geram* a consciência humana (KOZULIN, 2002). Na teoria cultural-histórica das *funções mentais* (ou processos psicológicos) *superiores*, de Vigotski, bem como nos estudos vigotskianos do desenvolvimento da linguagem e da formação de conceitos, foi de extrema relevância a incorporação do conceito de *atividade*. Kozulin (2002) entende que, para Vigotski, a consciência é construída de fora para dentro por meio das relações sociais e, além disso, que não há distinção entre o mecanismo do comportamento social e o da consciência.

Vigotski buscou em Marx e Hegel pressupostos que fizeram emergir uma teoria social da atividade humana, podendo ser entendida como contrapartida ao naturalismo e à tradição empirista, como afirma Kozulin (2002). De Hegel, Vigotski adota “uma visão absolutamente histórica dos estágios de desenvolvimento e das formas de realização da consciência humana” (KOZULIN, 2002, p. 115). Tal historicidade é tecida do ponto de vista da *filogênese* – toma como base a história evolutiva da espécie humana-, da *história sociocultural* – toma como base a (des) e (re)contextualização dos instrumentos de mediação- e da *ontogênese* – considera a evolução histórica individual, na qual a formação da personalidade se caracteriza não apenas pelo desenvolvimento biológico, mas, sobretudo, pela mediação sociocultural (WERTSCH, 1985; 1988)-. De Marx, Vigotski adota o conceito de *práxis* humana, que, grosso modo, toma como sendo a atividade histórica concreta, gerando

---

<sup>27</sup> A esse respeito, ver *Consciousness as a problem in the psychology of behavior* (VIGOTSKI, 1979).

os fenômenos da consciência. Vigotski acreditava que a atividade funciona como uma ferramenta psicológica e tem caráter semiótico mediacional (KOZULIN, 2002).

Leontiev, em meados dos anos 1930, faz emergir uma versão revisionista da Teoria da Atividade de Vigotski, na qual entende que “a *atividade*<sup>28</sup> – ora como *atividade*, ora como *ação* – desempenha todos os papéis, desde *objeto* até princípio explanatório” (KOZULIN, 2002, p. 136). Leontiev aponta que: “o desenvolvimento da consciência da criança ocorre como um resultado do desenvolvimento do sistema de operações psicológicas, as quais, por seu turno, são determinadas pelas relações concretas entre a criança e a realidade.” (LEONTIEV, 1980, p. 186 apud KOZULIN, 2002, p. 127).

Dessa forma, Leontiev considera em suas pesquisas que a atividade prática é transformada em *atividade* prática e intelectual – plano interpsicológico (entre pessoas e mediações) transformado em plano intrapsicológico. Leontiev e seus colaboradores são conhecidos como a segunda geração da Teoria da Atividade. Vigotski sugeriu que a *atividade* socialmente significativa é o princípio explicativo da consciência, ou seja, a consciência é construída de “fora” para “dentro” por meio das relações sociais (KOZULIN, 2002).

Na teoria de Leontiev, “a *atividade* assumiu duplo papel – o de princípio geral e o de mecanismo concreto de mediação” (KOZULIN, 2002, p. 131). “Leontiev sugeriu o seguinte desmembramento da *atividade*: *atividade* corresponde a um motivo, *ação* corresponde a um objetivo, e *operação* depende de condições” (KOZULIN, 2002, p. 131).

Para entendermos melhor tais conceituações, vejamos o que o próprio Leontiev nos apresenta:

Não levando o objeto da ação, por si próprio, a agir é necessário que a ação surja e se realize, que o seu objeto apareça ao sujeito na sua relação com o motivo da atividade em que entra esta ação. Essa ação é refletida pelo sujeito sob uma forma perfeitamente determinada: sob a forma de consciência do objeto da ação enquanto fim. Assim, o objeto da ação não é afinal senão o seu fim imediato conscientizado (LEONTIEV, 2004, p. 317).

Vale ressaltar que a *atividade* correspondente a um *motivo* é algo coletivo e consciente. Já as *ações*, correspondentes a um *objetivo*, podem ser entendidas como processos que são subordinados às metas individuais ou coletivas, considerando a complexa estrutura da divisão do trabalho humano, ou mesmo podem ser entendidas como processos de cumprimento de *objetivos* parciais da *atividade*. As *ações* e os *objetivos* correspondem, assim,

---

<sup>28</sup> “Tal conceito de atividade terá duas funções: princípio explicativo da constituição das funções psicológicas superiores e da personalidade e, ao mesmo tempo, objeto de investigação, só sendo possível compreender tais constituições a partir do estudo da atividade.” (RIGON; ASBAHR; MORETTI, 2010, p. 22).

ao indivíduo engajado em uma *atividade* e à consciência. As *operações* podem ser entendidas como meios ou procedimentos pelos quais a *ação* é executada para satisfazer seu objetivo. As *operações* sempre correspondem às *condições*, que podem ser entendidas como as ferramentas necessárias para a realização da *operação*. As *condições* e as *operações* podem ser relacionadas ao indivíduo, à inconsciência e à incorporação (KAWASAKI, 2008, p. 108). “Os *motivos*, portanto, pertencem à realidade socialmente estruturada de produção e apropriação, ao passo que as *ações* pertencem à realidade imediata de *objetivos* práticos.” (KOZULIN, 2002, p. 132, itálicos meus).

Para Leontiev (1978), a principal característica que distingue uma *atividade* da outra é a diferença de seus *objetos*. Para o autor, o *objeto* de uma *atividade* é o que lhe fornece uma direção determinada, uma finalidade, constituindo-se, dessa forma, como seu verdadeiro *motivo*. Vale ressaltar que, para Leontiev, o *objeto* de qualquer *atividade* humana não é algo neutro, nem individual, mas sim um *objeto* da experiência coletiva, social, pois, para ele, a *atividade* dos outros nos oferece uma base, uma gama de possibilidades objetivas, que abarca uma espécie de estrutura específica das *ações* do indivíduo.

É preciso entender a *atividade* levando-se em conta a dinâmica das necessidades, assim como as diversas formas de executar *ações* e *operações* que podem alterar os processos constituintes da *atividade*. As *ações* podem se transformar em *atividades*; as *atividades* podem se transformar em *ações*; as *ações* podem se tornar procedimentos para alcançar um *objetivo*, configurando-se, assim, como *operações*.

Para Engeström, “uma entidade do mundo exterior torna-se um *objeto* da *atividade* quando atende a uma necessidade humana<sup>29</sup>” (ENGESTRÖM, 2008, p. 89, grifos meus). E, para Leontiev (1978), essa reunião é um “ato extraordinário”: o *sujeito* constrói o *objeto* destacando as propriedades que julga serem essenciais para o desenvolvimento da prática social em que deseja se engajar.

Os *artefatos mediadores* da *atividade*, para Engeström (1987), são considerados as ferramentas e os signos necessários para que o *sujeito* da *atividade* realize *ações* orientadas para o *objeto/motivo*.

Se considerarmos, por exemplo, a *caça* como uma *atividade* humana, o alimento (a presa) seria o *objeto* da *atividade*, pois o alimento é o *objeto* pelo qual a *atividade* é orientada. Tal *atividade* estaria amparada pela finalidade relacionada a uma necessidade ou desejo: a necessidade de saciar a fome ou desejo de comer uma iguaria. As *ações* então

---

<sup>29</sup> Tradução realizada por mim de “An entity in the outside world becomes an object of activity as it meets a human need.”

estariam relacionadas aos processos ou objetivos parciais para alcançar o *objetivo*. Para satisfazer a necessidade pelo alimento, é preciso executar *ações* que não visam diretamente à obtenção do alimento, como, por exemplo, preparar algum equipamento para ser utilizado na caça. Para isso, seriam necessárias *condições* para que tais equipamentos possam ser elaborados, como habilidades de construir equipamentos, técnicas de extração de matéria-prima para a elaboração dos equipamentos, entre outras, e ainda precisariam ser implementadas *operações* que possibilitem essa fase da *atividade* de caça.

A *atividade* educacional – formativa e institucionalizada- foi investigada profundamente por Davydov que incorporou conceitos de Vigotski e Leontiev para formular uma teoria sobre o ensino: a teoria do *ensino desenvolvimental* (LIBÂNEO; FREITAS, 2006). Na sociedade informacional, Davydov afirma que a tarefa da escola contemporânea consiste em ensinar os aprendizes a se orientarem independentemente, que inclui informações oriundas das comunidades científicas - ensiná-los a *pensar* por meio de um ensino que promova o desenvolvimento mental e psíquico (DAVÍDOV, 1988, p. 3 apud LIBÂNEO; FREITAS, 2006).

Davydov (1988 apud LIBÂNEO; FREITAS, 2006) enfatiza que educação e ensino são necessários para o desenvolvimento humano e que estão amalgamadas às premissas da teoria histórico-cultural de Vigotski, que inclui os fatores socioculturais e a atividade interna dos indivíduos. Davydov propõe um ensino escolar ancorado em *atividades* de aprendizagem cujo conteúdo do ensino seja a base do *ensino desenvolvimental*. Vale ressaltar que Davydov não defende a mera transmissão de conteúdos, mas sim a escola como promotora de *atividades* que forneçam aos alunos mecanismos para o desenvolvimento de suas habilidades e competências, incluindo aprender por si mesmos.

Alguns autores se baseiam em Davydov e tratam dos fenômenos educativos como prática social - como uma *atividade*. Para Rigon, Asbahr e Moretti (2010, p. 24, grifo meu),

*o objeto* da atividade pedagógica é a transformação dos indivíduos no processo de apropriação dos conhecimentos e saberes; por meio desta atividade – teórica e prática –, é que se materializa a necessidade humana de se apropriar dos bens culturais como forma de constituição humana.

Engeström (2008) entende que, tradicionalmente, o *objeto* da *atividade* do professor, ao participar de práticas escolares, pode ser socialmente entendido como sendo o texto escolar (textos que englobam os livros didáticos, apostilas ou até mesmo textos escritos na lousa pelos professores e reproduzidos nos cadernos dos alunos) e aponta que tais “textos

tornam-se um mundo fechado, um objeto morto cortado de seu contexto de vida” (ENGESTRÖM, 1987, p. 101). O autor posiciona também os estudantes como parte da componente *objeto* da *atividade* do professor. Vale ressaltar que nas práticas escolares tradicionais, comumente observadas em processos de escolarização na maioria das instituições brasileiras de ensino, o professor direciona sua atenção à transformação dos estudantes, isto é, educar significa transformar o estudante no que tange ao entendimento do mundo e da realidade que o cerca, tomando-se por base o texto escolar como referência para tal transformação. Engeström (2008, p. 89) esclarece ainda que:

Nessa capacidade construída, relacionada à necessidade, o objeto ganha força motivacional que dá forma e direção para a atividade. O objeto determina o horizonte de objetivos e ações possíveis. A atividade de trabalho dos professores nas escolas é chamada de *ensino*. A atividade dos estudantes nas escolas pode ser chamada de *school-going*<sup>30</sup>.

Bernardes (2009) reafirma o posicionamento de Engeström (2008) a respeito do *objeto* da *atividade* da educação escolar, ou seja, das práticas educativas escolarizadas, como um direcionamento de *ações*, objetivando a transformação do *sujeito* que aprende, sendo este o primeiro *objeto* da *atividade* de ensino. A autora ainda afirma existir um segundo *objeto* relacionado à atuação profissional do educador, sendo alicerçado na seguinte questão: o quê ensinar e de que forma se organiza o ensino?

A seleção e a identificação do conhecimento teórico-científico a ser ensinado na escola e a definição das condições adequadas para a materialização da organização das ações de ensino na atividade pedagógica requerem que o educador materialize o segundo objeto da atividade de ensino. O produto desta atuação profissional é a elaboração de um instrumento que medeia o conhecimento que se objetiva e se materializa na organização das ações de ensino (BERNARDES, 2009, p. 237).

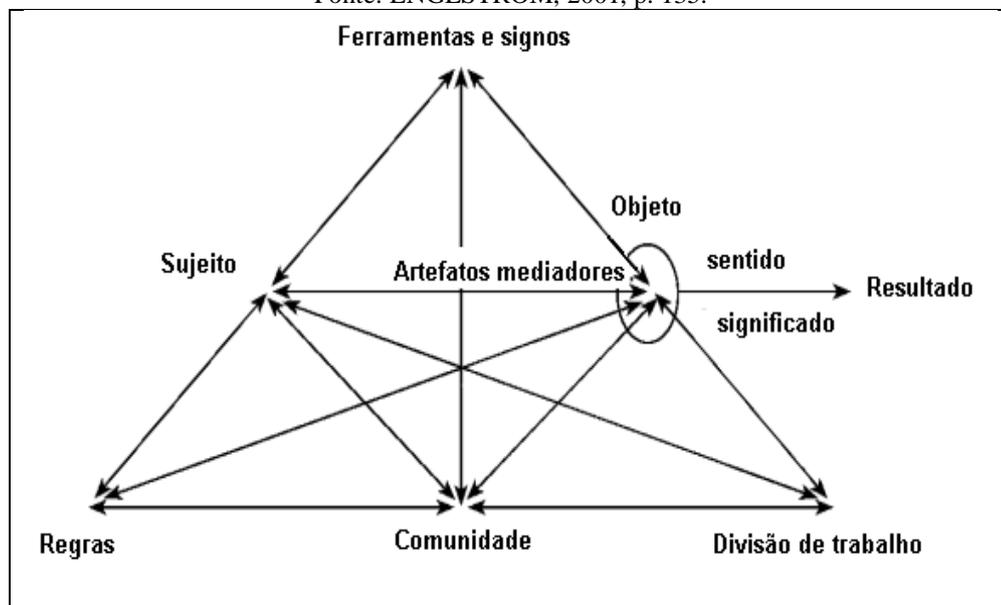
Asbahr (2005) enfatiza que a significação social da *atividade* pedagógica do professor seria proporcionar ambientes de aprendizagem que possibilitem aos estudantes se engajarem em *atividades* de aprendizagem, garantindo-lhes, assim, apropriação do conhecimento não cotidiano. A autora afirma que ensino-aprendizagem somente configura uma *atividade* coletiva quando são postos em uma única unidade, isto é, a *atividade* de ensino ocorre se, e somente se, ocorrer a *atividade* de aprendizagem. Dessa forma:

<sup>30</sup> Tradução realizada por mim de “In this constructed, need-related capacity, the object gains motivating force that gives shape and direction to activity. The object determines the horizon of possible goals and actions. The work activity of school teachers is called *teaching*. The activity of school students may be called *school-going*.” Não encontrei uma tradução considerada por mim como satisfatória para o que Engeström (1987; 2008) chama de *school-going*. Contudo, penso que o autor busca relacionar esse termo à *ida dos estudantes diariamente às escolas*. Talvez possa ser traduzido como “ida à escola”.

O aluno não é só objeto da atividade do professor, mas é principalmente sujeito, e constitui-se como tal na atividade ensino/aprendizagem na medida em que participa ativamente e intencionalmente do processo de apropriação do saber, superando o modo espontâneo e cotidiano de conhecer (BASSO, 1994 apud ASBAHR, 2005, p. 114).

Na tentativa de entender os mais diversos fenômenos que podem ocorrer nas práticas escolares de ensino e aprendizagem, podemos utilizar o aporte teórico de Engeström (2001), que propõe uma estrutura triangular para representar as *ações* individuais ou em grupos, constituindo sistemas de *atividade* coletiva, contendo os seguintes elementos: *sujeito*, *artefatos ou instrumentos mediadores (ferramentas e signos)*, *objeto*, *comunidade*, *regras*, *divisão de trabalho* e *resultado* (ENGESTRÖM, 2001), como segue:

FIGURA 1 – A estrutura de um sistema de atividade humana  
Fonte: ENGESTRÖM, 2001, p. 135.



Os elementos da estrutura da *atividade* representada na FIG. 1 (ENGESTRÖM, 2001) podem ser explicados por Engeström (1993):

No modelo, o *sujeito* refere-se ao indivíduo ou subgrupo cujo poder de agir é tomado como ponto de vista na análise. O *objeto* refere-se à “matéria prima” ou ao “espaço problema” para o qual a atividade está direcionada e que é moldado ou transformado em resultados com o auxílio de *ferramentas* físicas e simbólicas, externas e internas (instrumentos e signos mediadores). A *comunidade* compreende indivíduos e/ou subgrupos que compartilham o mesmo objeto geral. A *divisão de trabalho* refere-se tanto à divisão horizontal de tarefas entre os membros da comunidade quanto à divisão vertical de poder e status. Finalmente, as *regras* referem-se aos regulamentos implícitos e explícitos, normas e convenções que

restringem as ações e interações no interior do sistema de atividade<sup>31</sup> (ENGESTRÖM, 1993, p. 67, grifos do autor).

Engeström (1987; 2002; 2008) critica, veementemente, a inversão de papel que pode ocorrer com o texto escolar em *atividades* de ensino-aprendizagem. Para ele, quando o texto escolar (os livros didáticos) é tomado como *objeto* da *atividade* escolar, ocorre uma inversão de papéis: o que era para ser um *instrumento* passa a ser *objeto* da *atividade*. Engeström (2008, p. 89) ainda esclarece que “em *school-going*, textos assumem o papel de objeto. Este objeto é moldado pelos alunos de uma maneira curiosa: o resultado de sua atividade é, sobretudo, o mesmo texto reproduzido e modificado oralmente ou escrito de outra forma<sup>32</sup>”.

Sendo assim, o *objeto* da *atividade school-going* pode ser caracterizado pelos textos escolares (livros didáticos, apostilas etc.) e pelos estudantes em formação – alunos. E, como *objetivo* central de tal *atividade*, podemos considerar *a transformação dos indivíduos no processo de apropriação dos conhecimentos e saberes (bens históricos e culturais) impressos nos textos e reproduzidos nas interações*. Nesse sentido, o *objetivo* consiste na capacitação dos alunos para recriar ou refazer o ensinado.

Vale pontuar que, para Engeström (2001, p. 137, grifo meu) as “contradições são tensões estruturais historicamente acumuladas dentro e entre sistemas de *atividade*<sup>33</sup>”. Para ele, contradição não é a mesma coisa que problemas ou conflitos. O autor esclarece que a contradição primária de *atividades* no capitalismo está localizada no valor de uso e de troca das mercadorias. Engeström (2001, p. 137, grifo meu) enfatiza ainda que

Esta contradição primária permeia todos os elementos de nossos sistemas de *atividade*. *Atividades* são sistemas abertos. Quando um sistema de *atividade* adota um novo elemento de fora (por exemplo, uma nova tecnologia ou um novo objeto), ele leva frequentemente a uma contradição secundária agravada onde algum antigo elemento (por exemplo, as regras ou a divisão do trabalho) colide com o novo. Tais

---

<sup>31</sup> Tradução realizada por mim de “In the model, the *subject* refers to the individual or subgroup whose agency is chosen as the point of view in the analysis. The *object* refers to the “raw material” or “problem space” at which the activity is directed and which is molded or transformed into *outcomes* with the help of physical and symbolic, external and internal tools (mediating instruments and signs). The *community* comprises multiple individuals and/or subgroups who share the same general object. The *division of labor* refers to both the horizontal division of tasks between the members of the community and to the vertical division of power and status. Finally the *rules* refer to the explicit and implicit regulations, norms and conventions that constrain actions and interactions within the activity system.”

<sup>32</sup> Tradução realizada por mim de “In school-going, text takes the role of the object. This object is molded by the pupils in a curious manner: the outcome if their activity is above all the same text reproduced and modified orally or in written form.”

<sup>33</sup> Tradução realizada por mim de “Contradictions are historically accumulating structural tensions within and between activity systems.”

contradições geram distúrbios e conflitos, mas também tentativas inovadoras para mudar a *atividade*<sup>34</sup>.

Quando o texto escrito que compõe livros didáticos adotados durante os processos de escolarização torna-se o *objeto* da *atividade* escolar, em vez de ser um *instrumento* que auxilie o entendimento do mundo, podemos perceber que esse texto passa a carregar consigo uma contradição interna. Engeström (1987, p. 102, grifo meu) faz os seguintes apontamentos:

Primeiro de tudo, ele é um objeto morto a ser reproduzido a fim de ganhar notas ou outros ‘marcadores de sucesso’ que, cumulativamente, determinam o valor futuro do próprio aluno no mercado de trabalho. Por outro lado, ele também tendenciosamente aparece como um instrumento vivo de dominação da própria relação com a sociedade fora da escola. [...] como o objeto da *atividade* é também o seu verdadeiro motivo, a natureza inerentemente dupla do motivo da school-going é agora visível<sup>35</sup>.

Vale ressaltar que Engeström (2001, p. 136) enfatiza que, para localizar qualquer pesquisa na terceira geração da Teoria da Atividade, é preciso *analisar* no mínimo dois sistemas de *atividade* interconectados.

Na tentativa de exemplificar uma possível análise de *atividade* de aprendizagem escolar tradicional utilizando a terceira geração da Teoria da Atividade proposta por Engeström e seus colaboradores, utilizarei um modelo exposto em Engeström (2008, p. 89)<sup>36</sup>, em que é apresentada uma unidade de análise (mínima) quando se deseja entender fenômenos da sala de aula tradicional: sistemas interconectados de *atividade* de ensino tradicional (*school-going*). No modelo, os sistemas de *atividade* dos professores, como *sujeitos* de sua própria *atividade*, diferem dos sistemas de *atividade* dos estudantes, ora enquanto *sujeitos* de sua própria *atividade*, ora enquanto *objeto* da *atividade* dos professores.

FIGURA 2 – Os interdependentes sistemas de *atividade* de estudantes e professor

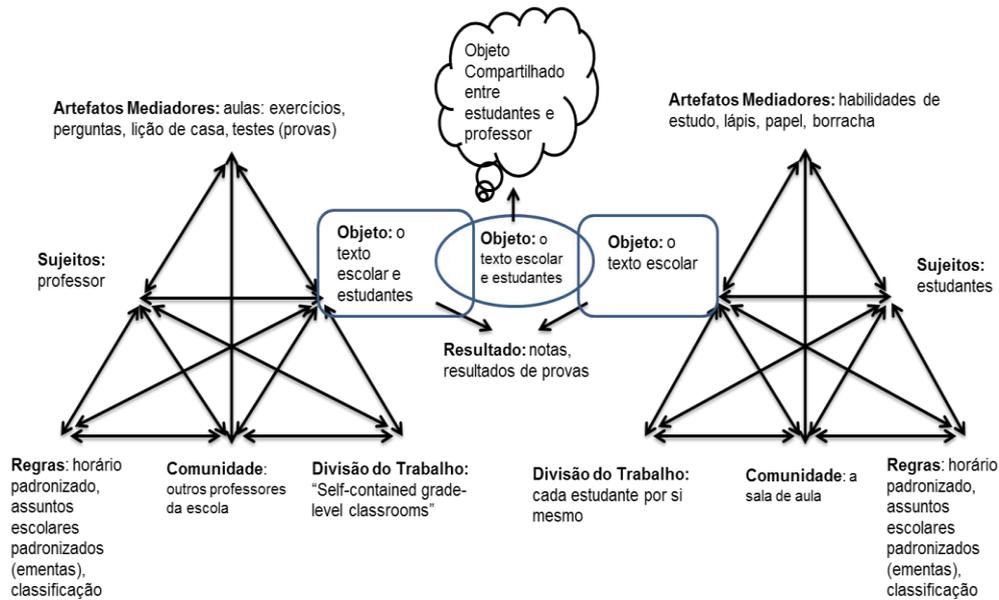
Fonte: elaborada pela autora com base em ENGESTRÖM, 2001, p. 136<sup>37</sup>.

<sup>34</sup> Tradução realizada por mim de “This primary contradiction pervades all elements of our activity systems. Activities are open systems. When an activity system adopts a new element from the outside (for example, a new technology or a new object), it often leads to an aggravated secondary contradiction where some old element (for example, the rules or the division of labor) collides with the new one. Such contradictions generate disturbances and conflicts, but also innovative attempts to change the activity.”

<sup>35</sup> Tradução realizada por mim de “First of all, it is a dead object to be reproduced for the purpose of gaining grades or other ‘success markers’ which cumulatively determine the future value of the pupil himself in the labor market. On the other hand, it tendentially also appears as a living instrument of mastering one’s own relation to society outside the school. [...] as the object of the activity is also its true motive, the inherently dual nature of motive of school-going is now visible.”

<sup>36</sup> Faço nesse modelo uma pequena modificação com relação ao *objeto* da *atividade* dos dois sistemas apresentados, tomando por base o modelo apresentado por Engeström (2001, p. 136), em que é exposto um terceiro *objeto*, que seria o verdadeiro *objeto* dos sistemas de *atividade*, no qual esse *objeto* é construído mediante o compartilhamento dos outros dois *objetos*.

<sup>37</sup> Vide nota de rodapé anterior.



O *objeto* da *atividade school-going* dos estudantes, conforme representado por Engeström (2008) na FIG. 2, pode ser, então, considerado como textos escolares (contidos em livros didáticos): os estudantes se orientam pelo livro e no livro é que eles realizam as *ações* de entendimento dos conteúdos do “mundo” presos nos textos escolares. Os textos escolares também orientam a *atividade* dos professores. Mas não apenas os livros. Os estudantes também fazem parte do *objeto* da *atividade* dos professores. A “nuvem” contida no modelo corresponde a uma idealização do *objeto* da *atividade* tradicional como um *objeto* compartilhado entre estudantes e professor(es); não afirmo, portanto, que esse *objeto* seja realmente compartilhado nas *atividade* da escola tradicional em sua totalidade.

Bernardes (2009, p. 240), confirmando o pensamento de Engeström (2008), esclarece que o motivo da *atividade* de ensino a ser realizada pelos professores, como *sujeitos*, pode ser entendido(a) como: “possibilitar a transformação da constituição dos estudantes por meio do acesso à cultura – humanizando-os”. O *objetivo* dessa *atividade* estaria ancorado em “ensinar o conhecimento sócio-histórico” (BERNARDES, 2009, p. 240). Já o *motivo* da *atividade* de aprendizagem a ser realizada pelos estudantes, ora como *sujeitos* de sua própria *atividade*, ora como *objeto* da *atividade* do professor, pode ser entendido como “tornar-se herdeiro da cultura – humanizar-se”; e o *objetivo* dessa *atividade* estaria ancorado em “apropriar-se do conhecimento sócio-histórico” (BERNARDES, 2009, p. 240).

Tanto para Engeström (2008), quanto para Bernardes (2009), a unidade de análise a ser adotada em análise de *atividades* formativas seria composta da seguinte forma: a

*atividade* pedagógica como sistemas interconectados de *atividade* – a *atividade* de ensino e a *atividade* de aprendizagem (ou *school-going* para Engeström); realizada por *sujeitos* (professores e estudantes) – com *objetivo* relacionado ao acesso e à apropriação da cultura por meio do acesso e da apropriação do conhecimento sócio-histórico.

Com isso, cabe um questionamento: os estudantes, ao se moverem em busca de satisfazer uma necessidade sócio-histórica-cultural – humanizar-se –, com o nítido *objetivo* de participar da (e ao mesmo tempo agir na) sociedade, ao se apropriar do conhecimento sócio-histórico acumulado pelo homem no decorrer de sua historicidade, tornam-se eles mesmos *objeto* de sua própria *atividade*? Podemos analisá-los dessa forma? Tornar-se herdeiro da cultura e se apropriar do conhecimento sócio-histórico pode possibilitar ao estudante transformações em termos de sua própria participação como ser-no-“mundo”; reflete ao mesmo tempo, devido à necessidade sócio-histórica-cultural, que este carrega um “mundo”-no-ser. Dessa forma, para analisar, por meio da Teoria da Atividade, fenômenos de ensino-aprendizagem escolar como interconectados sistemas de *atividade*, é necessário considerar que, ao engajarem em seu próprio processo de escolarização (*atividade* de aprendizagem), os estudantes são “enquadrados” como *objeto* de sua própria *atividade*, e não apenas *sujeitos*, já que a *atividade* de aprendizagem é considerada como uma das componentes dos sistemas de *atividade* que perfaz a *atividade* de ensino-aprendizagem.

Dessa forma, a *atividade* tradicional de ensino-aprendizagem, constituída pelos interconectados sistemas de *atividade* de alunos e professores, cujo *objeto* é o texto escolar (livros didáticos) e também os alunos – um *objeto* a ser compartilhado<sup>38</sup>. Assim, percebemos que na FIG. 2 ocorrerá, num ponto de vista analítico, idealizado, um compartilhamento entre os *objetos* da *atividade* dos alunos e professor(es), ao considerarmos estes interconectados sistemas de *atividade*. Ao moldar, esculpir, construir seu próprio *objeto* da *atividade*, os estudantes se tornam *objeto* de sua própria *atividade* – *atividade* de aprendizagem –, fazem coincidir e passam a compartilhar o *objeto* da *atividade* dos professores – *atividade* de ensino. Essa condição passa, então, a se constituir como *necessária* para o engajamento de professores e alunos na *atividade* de ensino-aprendizagem, que, na presente pesquisa, é tomada como uma unidade de análise mínima, utilizando a Teoria da Atividade em sua, denominada por Engeström, terceira geração.

---

<sup>38</sup> Na FIG. 2, este *objeto* seria o terceiro deles, o idealizado – contido na “nuvem”: o compartilhamento do *objeto* da *atividade* de ensino e do *objeto* da *atividade* de aprendizagem.

Moura et al. (2010, p. 216, grifos meus) confirmam tal posicionamento com relação ao *objeto* da *atividade* de aprendizagem, focando o conhecimento, o conceito e enfatizando que:

Para que a aprendizagem se concretize para os estudantes e se constitua efetivamente como *atividade*, a atuação do professor é fundamental ao mediar a relação dos estudantes com o *objeto* do conhecimento, orientando e organizando o ensino. As *ações* do professor na organização do ensino devem criar, no estudante, a necessidade do conceito, fazendo coincidir os motivos da *atividade* com o *objeto* de estudo.

Contudo, quando Moura et al. (2010) enfatizam que os estudantes fazem parte do *objeto* da *atividade* de ensino, realizada pelos professores, parecem não considerar que a *atividade* de ensino somente ocorre em uma díade com a *atividade* de aprendizagem. “Não há docência sem discência” (FREIRE, 1996, p. 21). Só há ensino quando há aprendizagem. Ensina-se algo a alguém, e esse alguém precisa aprender o que foi ensinado para que de fato se possa dizer que foi ensinado. Enquanto ensinar<sup>39</sup> pode ser sinônimo de instruir ou *ajudar* alguém a adquirir determinado conhecimento, o verbo aprender<sup>40</sup> pode ser sinônimo de se instruir ou adquirir determinado conhecimento. No entanto, Freire (1996, p. 23-24, grifo meu), apesar de não ser um estudioso/adepto da Teoria da Atividade, aponta que:

Não há docência sem discência, as duas se explicam e seus sujeitos apesar das diferenças que os conotam, *não se reduzem à condição de objeto, um do outro*. Quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender. Quem ensina, ensina alguma coisa a alguém. [...] Ensinar inexistente sem aprender [...] Não temo dizer que inexistente validade no ensino de que não resulta um aprendizado em que o aprendiz não se tornou capaz de recriar ou de refazer o ensinado, em que o ensinado que não foi apreendido não pode ser realmente aprendido pelo aprendiz.

Não é claro para mim o que Freire (1996) quis dizer quando enfatizou “não se reduzem à condição de objeto um do outro”; contudo, parece ter relação direta com sua rejeição no que diz respeito à crença de que ensinar é transferir conhecimento a alguém, sendo, então, esse alguém *objeto* daquele que transfere o conhecimento. Para Freire (1996, p. 22, grifos do autor), “ensinar não é *transferir conhecimento*, mas criar possibilidades para a sua produção ou a sua construção”.

Sendo assim, entendo que Engeström (2008) expõe interconectados sistemas de *atividade*, perfazendo a *atividade* do professor e a *atividade* dos estudantes (*school-going*) de

<sup>39</sup> <http://pt.wiktionary.org/wiki/ensinar>

<http://www.dicio.com.br/ensinar/>

<sup>40</sup> <http://pt.wiktionary.org/wiki/aprender>

<http://www.dicio.com.br/aprender/>

forma distinta, por perceber que nem sempre acontece de o aluno se reconhecer como *objeto* de sua própria *atividade* de aprendizagem; mais do que isso, o autor expõe que a *atividade* escolar tradicional descrita na FIG. 2 é “amplamente considerada alienante para ambos estudantes e professores<sup>41</sup>” (ENGESTRÖM, 2008, p. 90). Tal alienação acontece principalmente pelo *objeto* da *atividade* de alunos e professores no processo tradicional de escolarização estar ancorado no livro-texto, em vez de o texto representar um *instrumento* que auxilie a apropriação dos conhecimentos como fatos socialmente e historicamente construídos.

Vale ressaltar que a necessidade de apropriação dos conhecimentos, na qualidade de constructos sócio-histórico-culturais, é (ou deveria ser) comungada por todos os indivíduos afetados pelo processo de escolarização – estudantes e professores; mais do que eles, todos os indivíduos da sociedade almejam por instrução. É na escola que se efetuam as práticas de instrução baseadas nos conhecimentos institucionalizados pela ciência e referenciados por todos. A necessidade que pode ser atribuída pelo compartilhamento do conhecimento é (ou deveria ser) comungada por estudantes e professores, que, ligados a essa necessidade, constroem os respectivos *objetos* de suas *atividades* como *sujeitos* na escola: a *atividade* educacional escolar, cujo *objeto* é o conhecimento a ser compartilhado. Além disso, somente entendendo os estudantes como *objeto* da *atividade* do professor se eles se reconhecerem como *objeto* da própria *atividade* de aprendizagem – enquanto o primeiro instrui, o segundo se instrui, inexoravelmente<sup>42</sup>.

Uma observação importante feita por Engeström (2008) diz respeito à metodologia de análise e também à de construção dos dados de uma investigação quando se pretende usar a (denominada por ele) terceira geração da Teoria da Atividade como “lente” teórica. Nas palavras dele:

Orientadas pelo objetivo, ações instrumentais publicamente roteirizadas são a ponta facilmente discernível do iceberg; a profundidade da estrutura social da atividade está por debaixo da superfície, mas oferece estabilidade e inércia para o sistema. Assim, o subtriângulo superior (sujeito-instrumentos-objeto) da Figura 7 representa as ações instrumentais visíveis de professores e alunos. O currículo oculto está amplamente localizado na parte inferior do diagrama: na natureza das regras, a comunidade e a divisão do trabalho da atividade<sup>43</sup> (ENGESTRÖM, 2008, p. 90).

<sup>41</sup> Tradução realizada por mim de “widely considered alienating for both students and teachers.”

<sup>42</sup> Na minha concepção, baseada nas ideias de Paulo Freire, ensinar e aprender são atividades disjuntas. Ensinar algo a alguém. Nisso, está impresso uma mutualidade no *objeto* idealizado da *atividade* de ensino-aprendizagem escolar, algo (algum conhecimento, fenômeno, conteúdo) e alguém (aquele que desempenhará as *ações* empreendidas pelo aprender).

<sup>43</sup> Tradução realizada por mim de “Goal-oriented, publicly scripted instrumental actions are the easily discernible tip of the iceberg; the deep social structure of activity is underneath the surface but provides stability and inertia

Mesmo não sendo, necessariamente, visíveis do ponto de vista metodológico de uma investigação, serão consideradas na presente pesquisa as *ações* instrumentais localizadas na parte inferior do diagrama de Engeström (conforme FIG. 1 e FIG. 2), tais como as relações de *poder* e *controle* que medeiam, regulam e influenciam as relações sociais, incluindo o discurso como um produto histórico-cultural.

Ainda serão considerados os seguintes cinco princípios básicos da Teoria da Atividade<sup>44</sup> apontados por Engeström (2001, p. 136-137). O primeiro diz respeito ao uso dos sistemas de *atividade* como a unidade de análise. Para isso, ele apresenta seu sistema triangular estendido como modelo para organização sistêmica dos elementos que compõem a *atividade*, conforme exemplificado anteriormente na FIG. 2. O segundo princípio diz respeito à multivocalidade do sistema de atividade. Um sistema de atividades é composto por comunidades com múltiplos pontos de vista, tradições e interesses. A divisão do trabalho cria diferentes posições para os partícipes, que, por sua vez, portam suas próprias e diversas histórias de vida; os sistemas de atividade portam ainda múltiplas camadas e vertentes da história, gravadas em artefatos mediadores, regras e convenções. O terceiro princípio afirma que a análise da *atividade* e dos componentes que a formam deve sempre ser tomada em sua historicidade: perceber o papel das contradições no movimento de uma *atividade* torna possível também a reconstituição de sua evolução e do desenvolvimento de suas práticas ao longo da história. O quarto princípio que, segundo Engeström (2001), deveria ser seguido por uma pesquisa que utiliza a Teoria da Atividade diz respeito à busca pelas contradições internas dentro da *atividade*, que seriam a força motriz do desenvolvimento, podendo ser expressas por distúrbios, inovações e mudanças nos sistemas de *atividade*. Finalmente, o quinto princípio proclama a possibilidade de transformações expansivas nos sistemas de *atividade*. “Uma transformação expansiva é realizada quando o objeto e o motivo da atividade são reconceitualizados, adotando um horizonte radicalmente mais amplo de possibilidades do que no estágio anterior da atividade.<sup>45</sup>” (ENGESTRÖM, 2001, p. 137). Para Engeström (1987), um ciclo completo de transformações expansivas pode ser entendido como uma jornada coletiva por meio da *zona de desenvolvimento proximal* da *atividade*, que “é a

---

for the system. Accordingly, the topmost subtriangles (subject-instruments-object) da Figure 5.1 represent the visible instrumental actions of teachers and students. The hidden curriculum is largely located in the bottom parts of the diagram: in the nature of the rules, the community, and the division of labor of the activity.”

<sup>44</sup> Denominada por Engeström como a terceira geração da teoria da atividade.

<sup>45</sup> Tradução realizada por mim de “An expansive transformation is accomplished when the object and motive of the activity are reconceptualized to embrace a radically wider horizon of possibilities than in the previous mode of the activity.”

distância entre as ações cotidianas dos indivíduos e a historicamente nova forma de atividade social que pode ser gerada coletivamente como uma solução para o dilema potencialmente incorporado nas ações cotidianas”<sup>46</sup> (ENGESTRÖM, 1987, p. 174).

Engeström (1993) enfatiza que, no que tange à historicidade de uma *atividade* a ser analisada pela Teoria da Atividade, a classificação entre *modos* e *tipos históricos* deve ser realizada. Para o autor, o *modo* se refere à forma que certa *atividade* é organizada e realizada pelos participantes em um dado momento. O *modo* “se assemelha a um mosaico em constante evolução, consistindo de vários interesses paralelos, vozes e camadas<sup>47</sup>” (ENGESTRÖM, 1993, p. 68). Contudo, um *sistema de atividade* como um todo também representa algum padrão qualitativo historicamente identificável – um *tipo* ideal – de seus componentes e suas relações internas. Partindo de tal diferenciação, Engeström (1993) constrói um modelo conceitual geral que permite analisar esses *tipos históricos*, com base na caracterização de duas variáveis principais: o grau de *complexidade* e o grau de *centralização*. O grau de *complexidade* tende a ser crescente com o passar do tempo histórico. Já o grau de *centralização* dependerá do tipo de *atividade* a ser analisada. Baixos graus de *centralização* e altos graus de *complexidade*, hipoteticamente, corresponderiam a *atividades* dominadas coletivamente e expansivamente.

Engeström (2002) na tentativa de criar uma maneira própria de possibilitar e analisar aprendizagens buscou inspiração em dois autores. O *primeiro* deles, Davydov, propôs uma estratégia de ensino denominada *formação de conceitos teóricos pela ascensão do abstrato ao concreto*, que busca, por meio de uma abstração primária, uma “célula germinativa”, formas de deduzir e unificar outras formas de abstração e generalização, transformando essa abstração primária em um “conceito” que imprime a célula germinativa em sua essência. Para isso, é preciso que “os alunos reproduzam o processo atual pelo qual as pessoas criaram conceitos, imagens, valores e normas” (DAVYDOV, 1988, p. 21 apud ENGESTRÖM, 2002, p. 185). A *segunda* autora é Jean Lave, que propôs analisar a aprendizagem como *participação periférica legítima em comunidades de prática*. Farei uma breve explanação dessas duas abordagens<sup>48</sup>.

<sup>46</sup> Tradução realizada por mim de “It is the distance between the present everyday actions of the individuals and the historically new form of the societal activity that can be collectively generated as a solution to the double bind potentially embedded in the everyday actions.”

<sup>47</sup> Tradução realizada por mim de: “The mode resembles a continuously evolving mosaic, consisting of various parallel interests, voices, and layers.”

<sup>48</sup> Engeström (2002) busca inspiração nas abordagens desses dois autores e agrega a elas o “contexto da crítica” (será exposto posteriormente) para gerar um contexto que, segundo ele, seja propício para possibilitar aprendizagens expansivas e, por conseguinte, o “rompimento da encapsulação” da aprendizagem escolar.

## 1.1 Método da ascensão do abstrato ao concreto de Davydov

A teoria que Davydov propôs, denominada por método da ascensão do abstrato ao concreto, considera que a encapsulação da aprendizagem<sup>49</sup> escolar acontece devido “a um viés empirista, descritivo e classificatório” (ENGESTRÖM, 2002, p. 186) que permeia o ensino tradicional e a elaboração dos currículos. Isso implica em um total desconhecimento, por parte dos alunos, da gênese dos conhecimentos estudados dentro das escolas. Engeström e Sannino (2010b) explicam que,

Uma nova ideia ou conceito teórico é inicialmente produzido sob a forma de um abstrato, relação explicativa simples, uma ‘célula germinativa’. Esta abstração inicial é enriquecida passo-a-passo e transformada em um sistema concreto de múltiplas manifestações, em constante desenvolvimento. Na atividade de aprendizagem, a ideia inicial simples é transformada em um objeto complexo, em uma nova forma de prática. Atividade de aprendizagem leva à formação de conceitos teóricos - prática teoricamente apreendida - concreto em riqueza sistêmica e multiplicidade de manifestações. Neste quadro, abstrato refere-se ao parcial, separado do todo concreto<sup>50</sup> (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b, p. 5).

Karel Kosik (1976) pode nos ajudar na compreensão da ascensão do abstrato ao concreto. Buscando em Marx, Kosik explora dialeticamente as noções de concretude e abstração. Para isso, ele define, primeiramente, o conceito de *pseudoconcreticidade*. Segundo ele:

O complexo dos fenômenos que povoam o ambiente cotidiano e a atmosfera comum da vida humana, que, com a sua regularidade, imediatismo e evidência, penetram na consciência dos indivíduos agentes, assumindo um aspecto independente e natural, constitui o mundo da *pseudoconcreticidade*. A ele pertencem:

- O mundo dos fenômenos externos, que se desenvolvem à superfície dos processos realmente essenciais;
- O mundo do tráfico e da manipulação, isto é, da *praxis* fetichizada dos homens (a qual não coincide com a *praxis* crítica revolucionária da humanidade);

<sup>49</sup> O autor aborda a questão da descontinuidade entre *atividades* escolares e *atividades* fora da escola, considerando os conhecimentos escolares como algo encapsulado, distante da realidade cotidiana dos indivíduos que participam de tais práticas, denominando tal fenômeno por *encapsulação da aprendizagem escolar*. Ao refletir sobre os *motivos* que levam os indivíduos a participarem de *atividades* escolares, enfatiza que, na maioria das vezes, eles não aprendem para a vida, mas para a escola (ENGESTRÖM, 2002).

<sup>50</sup> Tradução realizada por mim de “A new theoretical idea or concept is initially produced in the form of an abstract, simple explanatory relationship, a ‘germ cell’. This initial abstraction is step-by-step enriched and transformed into a concrete system of multiple, constantly developing manifestations. In learning activity, the initial simple idea is transformed into a complex object, into a new form of practice. Learning activity leads to the formation of theoretical concepts – theoretically grasped practice – concrete in systemic richness and multiplicity of manifestations. In this framework, abstract refers to partial, separated from the concrete whole.”

- O mundo das representações comuns, que são projeções dos fenômenos externos na consciência dos homens, produto da praxis feitichizada, formas ideológicas de seu movimento;
- O mundo dos objetos fixados, que dão a impressão de ser condições naturais e não são imediatamente reconhecíveis como resultados da atividade social dos homens (KOSIK, 1976, p. 15, grifo do autor).

Kosik nos mostra como o pensamento dialético entre a *pseudoconcreticidade* e os fenômenos cotidianos estão inteiramente relacionados por meio da consciência dos indivíduos. Diz ainda, que para atingir a concreticidade, é preciso destruir a *pseudoconcreticidade*. Nas palavras de Kosik (1976):

O pensamento que quer conhecer adequadamente a realidade, que não se contenta com os esquemas abstratos da própria realidade, nem com suas simples e também abstratas representações, tem de *destruir* a aparente independência do mundo dos contatos imediatos de cada dia. O pensamento que destrói a pseudoconcreticidade para atingir a concreticidade é ao mesmo tempo um processo no curso do qual sob o mundo da aparência se desvenda o mundo real; por trás da aparência externa do fenômeno se desvenda a lei do fenômeno; por trás do movimento visível, o movimento real interno; por trás do fenômeno, a essência (KOSIK, 1976, p. 20).

Vale ressaltar que, para Kosik (1976, p. 36), “o método da ascensão do abstrato ao concreto é o método do pensamento”, atuando nos conceitos, que são considerados os elementos da abstração. Sendo assim, o autor explicita que tal ascensão não pode ser entendida como uma ‘passagem’ de um plano (sensível) para outro plano (racional), ou seja, para ele, tal ascensão consiste em “um movimento no pensamento e do pensamento” (KOSIK, 1976, p. 36). Nesse sentido, o autor aponta que:

A ascensão do abstrato ao concreto é um movimento para o qual todo início é abstrato e cuja dialética consiste na superação desta abstratividade. [...] O processo do pensamento não se limita a transformar o todo caótico das representações no todo transparente dos conceitos; no curso do processo o próprio todo é concomitante delineado, determinado e compreendido (KOSIK, 1976, p. 36-37).

As reflexões apontadas por Kosik (1976) podem nos fornecer subsídios epistemológicos para o entendimento da estratégia de ascender do abstrato para o concreto de Davydov. A teoria de Davydov aponta para a necessidade de a escola atuar de forma a direcionar os alunos a descobrirem o “núcleo” ou “germe” do assunto acadêmico a ser estudado. Nas palavras de Davydov (1988):

Ao iniciar o domínio de qualquer matéria curricular, os alunos, com a ajuda dos professores, analisam o conteúdo do material curricular e identificam nele a relação geral principal e, ao mesmo tempo, descobrem que esta relação se manifesta em

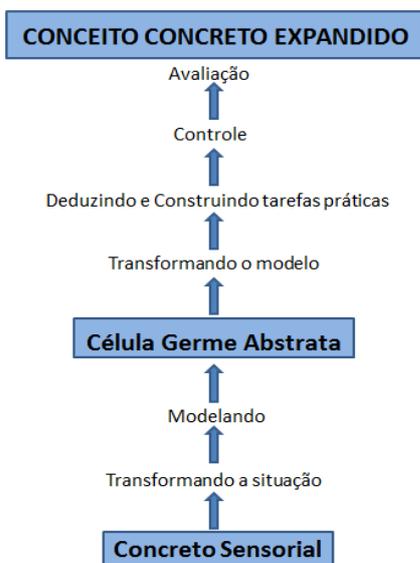
muitas outras relações particulares encontradas nesse determinado material. Ao registrar, por meio de alguma forma referencial, a relação geral principal identificada, os alunos constroem, com isso, uma abstração substantiva do assunto estudado. Continuando a análise do material curricular, eles detectam a vinculação regular dessa relação principal com suas diversas manifestações obtendo, assim, uma generalização substantiva do assunto estudado. Dessa forma, as crianças utilizam consistentemente a abstração e a generalização substantivas para deduzir (uma vez mais com o auxílio do professor) outras abstrações mais particulares e para uni-las no objeto integral (concreto) estudado. Quando os alunos começam a usar a abstração e a generalização iniciais como meios para deduzir e unir outras abstrações, eles convertem as estruturas mentais iniciais em um conceito, que representa o “núcleo” do assunto estudado. Este “núcleo” serve, posteriormente, às crianças como um princípio geral pelo qual elas podem se orientar em toda a diversidade do material curricular factual que têm que assimilar, em uma forma conceitual, por meio da ascensão do abstrato ao concreto (DAVYDOV, 1988, p. 22 apud LIBÂNEO, 2004, p. 17).

Engeström (2002, p. 186) enfatiza que a escola tradicional tende a permanecer *inerte*, “porque seus ‘germes’ nunca são descobertos pelos estudantes, e conseqüentemente porque os estudantes não têm a chance de usar esses ‘germes’ para deduzir, explicar, prever e controlar na prática fenômenos e problemas concretos em seu ambiente”. Davydov considera seis *ações* que devem orientar as *atividades* de aprendizagem orientadas pelo método da ascensão do abstrato para o concreto. São elas:

- 1) Transformar as condições da tarefa a fim de revelar a relação universal do objeto em estudo;
- 2) Modelar a relação não-identificada numa forma de item específico, gráfica ou literal;
- 3) Transformar o modelo da relação a fim de estudar suas propriedades em sua “aparência pura”;
- 4) Construir um sistema de tarefas particulares que são resolvidas por um modo geral;
- 5) Monitorar o desempenho das ações precedentes;
- 6) Avaliar a assimilação do modo geral que resulta da resolução da tarefa de aprendizagem dada (DAVYDOV, 1988, p. 30 apud ENGESTRÖM, 2002, p. 186).

A FIG. 3 mostra as fases da generalização teórica proposta por Davydov como o método da ascensão do abstrato ao concreto:

FIGURA 3 – Sumário da generalização teórica de Davydov  
 Fonte: DAVYDOV, 1982, p. 42 apud ENGSTRÖM, 2009, p. 326.



Engeström (2002, p. 188, grifo do autor) aponta que a solução proposta por Davydov para resolver a questão da aprendizagem escolar pretende “*empurrar a escola para dentro do mundo*, tornando-a dinâmica e teoricamente poderosa no enfrentamento de problemas práticos”. Porém, para Engeström (2002) essa estratégia parece não mudar a base social da aprendizagem escolar, mas “ao colocar os alunos em contato com os descobridores do passado, a estratégia pode muito bem dar poder aos alunos” (ENGSTRÖM, 2002, p. 188).

## 1.2 A participação periférica legítima de Lave

Os conceitos fundamentais da abordagem de Jean Lave e Etienne Wenger se baseiam na Participação Periférica Legítima (PPL) em *comunidades de prática*, que propõem a noção de aprendizagem como o movimento gradualmente crescente na participação de *sujeitos em comunidades de prática*. Dessa forma, “a aprendizagem deve ser analisada como uma parte integral da prática social em que está ocorrendo. Para se mudar ou melhorar a

aprendizagem, deve se reorganizar a prática social” (ENGESTRÖM, 2002, p. 188). Ainda Engeström (2002) sinaliza que Lave e Wenger sugerem que:

a aprendizagem como participação em comunidades de prática é particularmente efetiva (a) quando os participantes têm amplo acesso a diferentes partes da atividade e terminam procedendo à plena participação nas tarefas nucleares, (b) quando há abundante interação horizontal entre os participantes, mediada especialmente por histórias de situações problemáticas e suas soluções, e (c) quando as tecnologias e estruturas da comunidade de prática são transparentes, isto é, quando seus mecanismos internos estão disponíveis para a inspeção do aprendiz (ENGESTRÖM, 2002, p. 189).

Sob a ótica da aprendizagem como participação periférica legítima em comunidades de prática, Engeström (2002) enfatiza que nas escolas, muitas vezes, há a predominância de *currículos ocultos*, produzidos por meio de experiências e resultados não intencionais, podendo até mesmo ser considerados condenáveis sob o ponto de vista dos currículos oficiais. Para fundar uma comunidade de prática com base nas sugestões apontadas acima, de forma a reorganizar o ensino, seria necessária a identificação de uma comunidade de prática que simularia o que os cientistas ou aqueles que aplicam os conhecimentos científicos fazem em suas *atividades* diárias.

Engeström (2002) aponta que a solução para a questão da encapsulação da aprendizagem escolar proposta por Lave e Wenger, cujo foco está no entendimento da aprendizagem como participação periférica legítima em comunidades de prática, que toma como *objeto* da referida *atividade* o *contexto de aplicação prática*, parece pretender *empurrar o mundo para dentro da escola*, por meio da criação de “*comunidades de prática do mundo exterior para dentro da escola*” (ENGESTRÖM, 2002, p. 191, grifo do autor).

### 1.3 Aprendizagem expansiva

Engeström (2002) toma como ponto de partida as ideias de Davydov e Lave cujas abordagens se baseiam, respectivamente, nos *contextos da descoberta e da aplicação*, e, anexa a esses contextos o *contexto da crítica*.

Para Engeström (2002), as *atividades* escolares que objetivem o rompimento da encapsulação da aprendizagem escolar devem iniciar-se com uma crítica meticulosa sobre os conteúdos e procedimentos a serem abordados/estudados/aprendidos à luz de sua história. O

autor questiona: “*por que não deixar que os próprios alunos descubram como suas más concepções são manufaturadas na escola?*” (ENGESTRÖM, 2002, p. 192, grifo meu). Para isso, o autor orienta que inicialmente seria necessária uma análise crítica dos livros didáticos e currículos em áreas específicas de conteúdo.

Aliados os *contextos da descoberta, da aplicação e da crítica*, podem definir o que Engeström (2002) chama de *contexto da aprendizagem por expansão*. Para o autor,

O *contexto da crítica* enfatiza os poderes de resistir, questionar, contradizer e debater. O *contexto da descoberta* enfatiza os poderes de experimentar, modelar, simbolizar e generalizar. O *contexto da aplicação* enfatiza os poderes da relevância social e da aplicabilidade do conhecimento, do envolvimento da comunidade e da prática guiada (ENGESTRÖM, 2002, p. 193, grifos meus).

Engeström (1987; 2002) enfatiza que para o *contexto da crítica* ser plenamente estabelecido, seria necessário criar um contexto alternativo de aprendizagem de forma que aos alunos seja inaugurada a possibilidade de elaborar e implementar um novo caminho na prática, um modelo novo de *práxis*, um novo modo de fazer e participar do trabalho escolar, ou seja, os *sujeitos* têm de aprender algo que não existe a priori, “eles adquirem sua *atividade* futura enquanto a vão criando” (ENGESTRÖM, 2002, p. 193). O autor afirma que o “tripé” ancorado pelos contextos *da descoberta, da aplicação e da crítica* poderia ser considerado como “o novo e expandido *objeto* da aprendizagem” (ENGESTRÖM, 2002, p. 193) escolar. Para Engeström (2002), esse tipo de expansão no *objeto* implicaria uma completa transformação qualitativa da *atividade* de aprendizagem escolar.

Engeström (2001, p. 138), inspirado em Bateson (1972) – que distingue três níveis de aprendizagem (tipos I, II, e III) –, propõe uma nova abordagem para a aprendizagem – a expansiva. Para Bateson (1972), aprendizagens de nível I estão baseadas no “condicionamento, aquisição de respostas consideradas corretas em um dado contexto”<sup>51</sup> (ENGESTRÖM, 2001, p. 138). Aprendizagens de nível II estão relacionadas à aprendizagem de “normas e padrões de comportamento característicos do próprio contexto”<sup>52</sup> (ENGESTRÖM, 2001, p. 138). Dessa forma, muitas vezes, os próprios contextos podem estar embebidos por demandas contraditórias, que podem impulsionar aprendizagens de nível III, “quando uma pessoa ou um grupo começa a questionar radicalmente o sentido e o significado do contexto e constroem um contexto alternativo mais amplo. Aprendizagem de

<sup>51</sup> Tradução realizada por mim de “conditioning, acquisition of the responses deemed correct in the given context”.

<sup>52</sup> Tradução realizada por mim de “rules and patterns of behavior characteristic to the context itself”.

nível III é essencialmente um empenho coletivo”<sup>53</sup> (ENGESTRÖM, 2001, p. 138, itálicos meus). Engeström (2001) utiliza tais ideias de Bateson (1972) e propõe a Teoria da Aprendizagem Expansiva:

Aprendizagem de nível III é vista como atividade de aprendizagem que tem seu próprio tipo de ações e instrumentos [...] *O objeto da atividade da aprendizagem expansiva é todo o sistema de atividades em que os aprendizes estão engajados.* Atividades de aprendizagem expansiva produzem culturalmente novos padrões de atividade. Aprendizagem expansiva no trabalho produz novas formas de atividade de trabalho (ENGESTRÖM, 2001, p. 139, grifo meu)<sup>54</sup>.

As raízes teóricas que fundamentam o conceito de aprendizagem expansiva foram expostas em Engeström e Sannino (2010b). Os autores apontam seis teóricos e as ideias centrais que foram utilizadas como “pano de fundo” teórico para a elaboração do conceito de aprendizagem expansiva. Da Escola Histórico-Cultural Russa, foram usadas seis ideias dos acadêmicos: Lev Vygotsky, Aleksei Leontev, Evald Il’enkov e Vasili Davydov. Além desses teóricos, foram utilizadas mais duas ideias oriundas dos trabalhos de Bateson e Bakhtin. A seguir, com base em Engeström e Sannino (2010b), farei um breve resumo dessas oito raízes:

1) Leontev (1981) considera as *atividades* coletivas tomando por base a divisão do trabalho, que, para ele, pode levar à separação de *ação* e *atividade*. Em uma *atividade* de caça, por exemplo, cada participante tem um papel diferenciado em termos de *ações* a serem executadas visando a seu engajamento na *atividade*. Uma *ação* tem um começo definido e um fim. Já uma *atividade* coletiva se reproduz sem um ponto final predeterminado, mas orientada pelo *objeto*, podendo acontecer continuidade e até mesmo mudanças dramaticamente descontínuas na *atividade*, pois a *atividade* depende das *ações* e das *condições* para sua realização. A própria ideia de aprendizagem expansiva, que pode ser entendida como um movimento das *ações* para a *atividade* foi construída tomando-se por base a distinção entre *ação* e *atividade*.

2) O conceito Vigotskiano de *zona de desenvolvimento proximal* (ZDP), que pode ser entendida como a distância entre o real e o potencial nível de resolução de

<sup>53</sup> Tradução realizada por mim de “where a person or a group begins to radically question the sense and meaning of the context and to construct a wider alternative context. Learning III is essentially a collective endeavor”.

<sup>54</sup> Tradução realizada por mim de “Learning III is seen as learning activity which has its own typical actions and tools [...] The object of expansive learning is the entire activity system in which the learners are engaged. Expansive learning activity produces culturally new patterns of activity. Expansive learning at work produces new forms of work activity.”

problemas, considerando o real nível como sendo o indivíduo sozinho e o potencial como sendo o indivíduo orientado por outro(s) indivíduo(s) considerado(s) mais experiente(s) (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b). Engeström (1987), conforme exposto anteriormente, com o objetivo de entender a aprendizagem e o desenvolvimento, redefiniu o conceito de ZDP adaptando as ideias de Vigotski sob o ponto de vista das *atividades* coletivas, gerando, assim, o conceito de ZDP da *atividade*.

3) A Teoria da Aprendizagem Expansiva pode ser entendida como uma aplicação da Teoria da Atividade devido a sua orientação para o *objeto*. Na Teoria da Aprendizagem Expansiva o *objeto* pode ser considerado com um duplo sentido: tanto matéria prima quanto finalidade da *atividade*. Neste sentido, o objeto carrega consigo o *motivo* da *atividade*. Sendo assim, a “aprendizagem expansiva é um processo de transformação material de relações vitais” (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b, p. 4).

4) A Teoria da Atividade pode ser considerada como uma teoria dialética, e, sendo assim, o conceito de *contradição* desempenha importante papel para a elaboração da Teoria da Aprendizagem Expansiva. Com base em Il’enkov (1977; 1982 apud ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b), a Teoria da Aprendizagem Expansiva concebe as contradições como:

[...] tensões historicamente em evolução que podem se detectadas e tratadas no real sistema de *atividade*. No capitalismo, a contradição primária presente entre valor de uso e valor de troca é inerente a todas as mercadorias, e todas as esferas da vida estão sujeitas a comoditização<sup>55</sup> (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b, p. 4, grifo meu).

Os autores enfatizam que as contradições podem ser entendidas como forças motrizes da transformação. Para eles, o próprio “*objeto* de uma *atividade* é sempre contraditório internamente” (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b, p. 4, grifos meus). Neste sentido, a contradição interna presente no *objeto* de uma *atividade* funciona como uma força interna capaz de produzir movimento e direção para a *atividade*.

---

<sup>55</sup> Tradução realizada por mim de “contradictions as historically evolving tensions that can be detected and dealt with in real activity systems. In capitalism, the pervasive primary contradiction between use value and exchange value is inherent to every commodity, and all spheres of life are subject to commoditization.”

5) Davydov, conforme exposto anteriormente, desenvolveu o método da *ascensão do abstrato para o concreto*, que pode ser entendido como um método cujo foco está ancorado na captura da essência de um *objeto*. Engeström e Sannino (2010b) baseiam-se nas seis *ações* tipicamente ideias de aprendizagem prefiguradas por Davydov e expostas anteriormente no item 1.1 deste capítulo, para elaborar o conceito de sequência tipicamente ideal de *ações* em um ciclo expansivo de aprendizagem, que será exposto mais adiante neste mesmo capítulo desta tese.

6) Nos escritos de Vigotski e de seus colaboradores, podemos encontrar o conceito de mediação, que pode ser entendido como *ações* que são realizadas pelos *sujeitos* de uma *atividade* por meio das ferramentas e os signos culturais e orientadas para o *objeto* da *atividade*, como essência do funcionamento psicológico humano. Engeström e Sannino (2010b) apontam que a *agência* do *sujeito* - sua capacidade para transformar um contexto e/ou seu próprio comportamento- o torna foco central na Teoria da Aprendizagem Expansiva. Os autores esclarecem ainda que:

Vygotsky construiu sua metodologia intervencionista de *estimulação dupla* neste *insight*. Em vez de meramente dando ao sujeito uma tarefa para resolver, Vygotsky deu ao sujeito tanto uma tarefa exigente (primeiro estímulo) e um artefato “neutro” ou externamente ambíguo (segundo estímulo), o sujeito poderia encher de significado e se transformar em um novo signo de mediação que reforçaria suas ações e potencialmente levar a ressignificação da tarefa. Aprendizagem expansiva normalmente exige intervenções formativas com base no princípio de estimulação dupla<sup>56</sup> (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b, p. 5, grifos meus).

7) A metodologia intervencionista proposta por Vigotski de estimulação dupla dialoga com o pensamento do antropólogo Bateson. A noção de *double bind*, de Bateson (1972 apud ENGESTRÖM; SANNINO, 2010, p. 5) configura-se como uma raiz teórica para a Teoria da Aprendizagem Expansiva e pode ser entendida como “um social, *dilema socialmente essencial que não pode ser resolvido por meio de ações individuais separadas por si só – mas em que as ações de*

---

<sup>56</sup> Tradução realizada por mim de “Vygotsky built his interventionist methodology of double stimulation on this insight. Instead of merely giving the subject a task to solve, Vygotsky gave the subject both a demanding task (first stimulus) and a ‘neutral’ or ambiguous external artifact (second stimulus) the subject could fill with meaning and turn into a new mediating sign that would enhance his or her actions and potentially lead to reframing of the task. Expansive learning typically calls for formative interventions based of the principle of double stimulation.”

*cooperação conjunta podem impulsionar uma historicamente nova forma de atividade a surgir*<sup>57</sup> (ENGESTRÖM, 1987, p. 165, itálicos do autor).

8) Por último, a ideia de multivocalidade, de Bakhtin (1982), configura-se como uma raiz teórica da Teoria da Aprendizagem Expansiva. Engeström (1987) aponta que:

Aplicado na pesquisa e aprendizagem expansiva, isso significa: *todas as vozes contraditórias e complementares dos vários grupos e estratos no sistema de atividade em análise devem ser envolvidas e utilizadas*. Como Bakhtin mostra que, isso definitivamente inclui as vozes e gêneros não acadêmicos de pessoas comuns. Assim, em vez da argumentação clássica dentro do único tipo de discurso acadêmico, temos conflitantes fogos de artifício de diferentes tipos de discurso e linguagens<sup>58</sup> (p. 315 apud ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b, p. 5, grifos do autor).

A própria “aprendizagem expansiva é um processo inerentemente de debate, negociação e orquestração”<sup>59</sup> (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b).

Dando por encerrado o breve resumo das oito ideias que configuram como sendo as raízes da Teoria da Aprendizagem Expansiva, vale ressaltar que é nesse processo de debate, confrontoamento dessas múltiplas “vozes que se travam as disputas de poder e se instauram as possibilidades de transformação” (MATEUS, 2005, p. 168).

Bakhtin considera que o discurso não é individual, porque se constrói entre pelo menos dois interlocutores, que, por sua vez, são seres sociais, e porque se constrói como um “diálogo entre discursos”, ou seja, mantém relações com outros discursos (BARROS, 2007, p. 31).

Ainda em Engeström e Sannino (2010b), podemos encontrar os princípios centrais da Teoria da Aprendizagem Expansiva. Para os autores, a aprendizagem expansiva busca compreender processos de aprendizagem nos quais os sujeitos da aprendizagem não são considerados apenas como indivíduos isolados como é feito em teorias tradicionais de aprendizagem, mas passam a ser tratados como coletividades e redes. Isso acontece quando os *sujeitos* começam a questionar e criticar a ordem e a lógica das *atividades* que está engajado. Por meio de interações com outros membros da comunidade instituem um grupo, uma

<sup>57</sup> Tradução realizada por mim de “a social, societally essential dilemma which cannot be resolved through separate individual actions alone – but in which joint co-operative actions can push a historically new form of activity into emergence.”

<sup>58</sup> Tradução realizada por mim de “Applied in expansive learning and research, this means: all the conflicting and complementary voices of the various groups and strata in the activity system under scrutiny shall be involved and utilized. As Bakhtin shows, this definitely includes the voices and non-academic genres of the common people. Thus, instead of the classical argumentation within the single academic speech type, we get clashing fireworks of different speech types and languages.”

<sup>59</sup> Tradução realizada por mim de “Expansive learning is an inherently multi-voiced process of debate, negotiation and orchestration.”

coletividade engajada em analisar e modelar colaborativamente um movimento na *zona de desenvolvimento proximal* (ZDP) da *atividade*. Ao questionarem, os indivíduos refletem e percebem as contradições historicamente acumuladas nos sistemas de *atividade*. As contradições podem se manifestar como forma de conflitos, dilemas, distúrbios e inovações locais. Cabe ressaltar que “contradições são mecanismos necessários, mas não suficientes para a aprendizagem expansiva em um sistema de atividades<sup>60</sup>” (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b, p. 7).

Durante o processo de aprendizagem expansiva, as contradições podem aparecer das seguintes maneiras:

- a) Como *contradições primárias* latentes emergentes dentro de cada e qualquer dos elementos do sistema de *atividade*;
- b) Como *contradições secundárias* manifestas abertamente entre dois ou mais elementos do sistema de *atividade* (por exemplo, entre um novo objeto e uma velha ferramenta);
- c) Como *contradições terciárias* entre um recentemente estabilizado modo de *atividade* e remanescentes modos anteriores de *atividade*;
- d) Como *contradições quaternárias* externas entre os recém-reorganizados sistemas de *atividade* e seus sistemas de *atividades* “vizinhos”<sup>61</sup> (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b, p. 7, grifos meus).

Engeström e Sannino (2010b) pontuam que existe diferença entre experiências conflitantes e contradições significativas: enquanto as primeiras podem ser analisadas no nível das *ações* de curto prazo, a segunda pode ser enquadrada no nível da *atividade* (e *interatividades*) e tem um ciclo bem mais longo. Dessa forma, analisar experiências conflitantes e contradições significativas produzem análises em diferentes níveis.

As contradições desempenham um papel muito importante na Teoria da Aprendizagem Expansiva, pois se configuram como forças motrizes que, ao serem tratadas de tal forma pelos *sujeitos* engajados, um novo *objeto* é construído, moldado e transformado em um motivo. Nesse momento, ocorre, então, um ato extraordinário: o encontro da necessidade com o *objeto* (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b). Dessa forma, o motivo de uma dada *atividade* coletiva passa a se configurar efetivamente para um sujeito mediante o sentido

<sup>60</sup> Tradução realizada por mim de “Contradictions are the necessary but not sufficient engine of expansive learning in an activity system.”

<sup>61</sup> Tradução realizada por mim de “(a) as emerging latent primary contradictions within each and any of the nodes of the activity system, (b) as openly manifest secondary contradictions between two or more nodes (e.g., between a new object and an old tool), (c) as tertiary contradictions between a newly established mode of activity and remnants of the previous mode of activity, (d) as external quaternary contradictions between the newly reorganized activity and its neighboring activity systems.”

peçoal que pode ser entendido como o sentido que “expressa a relação do motivo da atividade para o imediato objetivo da ação”<sup>62</sup> (LEONTIEV, 1978, p. 171).

Engeström e Sannino (2010b) utilizam as ideias de Davydov das ações tipicamente ideias de aprendizagem descritas anteriormente nesta tese e descrevem uma sequência tipicamente ideal de *ações* epistêmicas em um ciclo expansivo da seguinte maneira:

- A primeira ação consiste no questionamento, crítica ou rejeição de alguns aspectos da prática aceita e sabedoria existente. Para simplificar, chamaremos esta ação de *interrogatório*.

- A segunda ação consiste em *analisar* a situação. Analisar envolve transformações mentais, discursivas ou práticas da situação a fim de descobrir mecanismos de causa ou explicação. Análise evoca: “por quê?” questões e princípios explanatórios. Um tipo de análise é a *histórico-genética*; que pretende explicar a situação pelo traçado de suas origens e evolução. Outro tipo de análise é a *real-empírica*; que pretende explicar a situação pela construção de um quadro de suas relações sistemáticas internas.

- A terceira ação consiste no *modelamento* da relação explicativa recém-descoberta em alguns meios publicamente observáveis e transmissíveis. Isto significa construção de um modelo explícito, simplificado da nova ideia que explica e oferece solução para a situação problemática.

- A quarta ação consiste no *exame do modelo*, executando, operando e experimentando-o a fim de compreender plenamente sua dinâmica, potência e limitações.

- A quinta ação consiste na *implementação do modelo* por meio de aplicações práticas, enriquecimento e extensões conceituais.

- A sexta e sétima ação são aquelas de *refletir* sobre e avaliar o processo e *consolidação* de seus resultados numa estável nova forma de prática<sup>63</sup> (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b, p. 7, itálicos dos autores, negritos meus).

A seguir, apresento a FIG. 4, que representa a sequência ideal descrita por Engeström e Sannino (2010b), em que as espessuras das setas indicam a ampliação da participação nas *ações* de aprendizagem.

<sup>62</sup> Tradução realizada por mim de “expresses the relation of motive of activity to the immediate goal of action.”

<sup>63</sup> Tradução realizada por mim de “- The first action is that of questioning, criticizing or rejecting some aspects of the accepted practice and existing wisdom. For the sake of simplicity, we will call this action questioning.

- The second action is that of analyzing the situation. Analysis involves mental, discursive or practical transformation of the situation in order to find out causes or explanatory mechanisms. Analysis evokes “why?” questions and explanatory principles. One type of analysis is historical-genetic; it seeks to explain the situation by tracing its origins and evolution. Another type of analysis is actual-empirical; it seeks to explain the situation by constructing a picture of its inner systemic relations.

- The third action is that of modeling the newly found explanatory relationship in some publicly observable and transmittable medium. This means constructing an explicit, simplified model of the new idea that explains and offers a solution to the problematic situation.

- The fourth action is that of examining the model, running, operating and experimenting on it in order to fully grasp its dynamics, potentials and limitations.

- The fifth action is that of implementing the model by means of practical applications, enrichments, and conceptual extensions.

- The sixth and seventh actions are those of reflecting on and evaluating the process and consolidating its outcomes into a new stable form of practice.”

FIGURA 4 – Sequência de *ações* de aprendizagem em um ciclo de aprendizagem expansiva  
 Fonte: ENGSTRÖM; SANNINO, 2010b, p. 8.



Além disso, Engeström e Sannino (2010b) se baseiam em estudos empíricos e intervencionistas e apontam algumas formas de manifestação da aprendizagem expansiva em *atividades* coletivas: aprendizagem expansiva como transformação do *objeto*, como movimento na *zona de desenvolvimento proximal*, como ciclos de *ações* de aprendizagem, como superação de limites e construção de redes e como movimentos distribuídos e descontínuos. Farei uma breve exposição do que seriam as referidas manifestações observadas nos estudos empíricos e intervencionistas citados por Engeström e Sannino (2010b):

1) ***Aprendizagem expansiva como transformação do objeto da atividade*** busca superar a concepção de aprendizagem como algo individual, do sujeito, inerente a ele, em sua cognição ou em seu comportamento. A aprendizagem expansiva se manifesta, essencialmente, como transformação do *objeto* da *atividade* coletiva. O que, conseqüentemente, pode promover transformações qualitativas dos elementos que compõem os sistemas de *atividade*. Vale ressaltar que a expansão pode ser entendida como um processo positivo; contudo, os “retrocessos” também podem ocorrer nos processos de aprendizagem expansiva. Isso porque o *objeto* carrega consigo contradições internas que podem alcançar diferentes níveis dentro de um processo de aprendizagem expansiva como transformação do *objeto*, o que, de certo,

ocorre como um processo coletivo de negociação e orquestração (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b).

2) ***Aprendizagem expansiva como movimento na zona de desenvolvimento proximal da atividade*** busca superar o paradigma das teorias de aprendizagem que consideram o sucesso em provas e/ou outros tipos de testes de desempenho como orientadora do ensino. A aprendizagem expansiva busca superar os dilemas vividos pelos *sujeitos* em sua cotidianidade, por meio da construção coletiva de uma nova forma de prática, tomando por base o enfrentamento das contradições incorporadas nos sistemas de *atividade*. Então, todo e qualquer movimento coletivo em busca da minimização da distância entre as “*ações*” *cotidianas dos indivíduos* e a *historicamente nova forma de atividade*, como prática social (que pode ser requerida/demandada como uma solução para o dilema potencialmente incorporado nas *ações* cotidianas dos *sujeitos*), considerado como movimento na zona de desenvolvimento proximal da *atividade*, pode ser entendido e analisado como processo de aprendizagem expansiva (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b).

3) ***Aprendizagem expansiva como ciclos de ações de aprendizagem***, conforme descrito na FIG. 4, busca instaurar uma nova e bem determinada dinâmica para analisar os processos de aprendizagem expansiva. Um ciclo expansivo de *ações* de aprendizagem é um modelo que pode ser usado para analisar processos de transformações em práticas sociais. A prática social na qual os *sujeitos* participam de alguma forma os afeta, podendo-os levar a perceber tensões, distúrbios e/ou conflitos, e, a partir disso, sentir a necessidade de questionar a prática atual, buscando, assim, analisar o contexto visando à superação de tais ocorrências. Estes seriam os primeiros passos rumo ao percurso de todo o ciclo de *ações* de aprendizagem. Vale ressaltar que a análise da prática atual leva o indivíduo a perceber que sozinho ele não conseguiria modificar as *ações* dos outros *sujeitos* partícipes da *atividade*, tornando, assim, necessário o envolvimento de mais *atores* no processo de transformação da *atividade*. Com isso, o dilema social perpassa a fronteira do indivíduo e atinge esferas mais amplas de coletivos em prol de um mesmo processo de transformação, podendo ser entendido como um *tour* pelo ciclo de *ações* de aprendizagem.

Engeström e Sannino (2010b) consideram que o uso dos ciclos de *ações* de aprendizagem, como quadro teórico de análise de processos de transformação de práticas sociais, somente deve ser realizado em estudos de longos períodos de tempo, ou seja, em longos processos de transformação. Contudo, os longos processos de transformação que podem ser analisados por ciclos em larga escala, envolvem necessariamente numerosos ciclos menores de *ações* de aprendizagem. Esses ciclos menores podem ocorrer em períodos mais

curtos de tempo, talvez em dias ou mesmo horas de análise intensiva e colaborativa. Engeström (1999) explica que tais ciclos-miniatura podem ser considerados como *potencialmente* expansivos e aponta ainda que:

Um ciclo expansivo em larga escala de transformações organizacionais sempre consiste em pequenos ciclos de aprendizagem inovadores. No entanto, o aparecimento de pequenos ciclos de aprendizagem inovador não garante por si só que existe um ciclo expansivo acontecendo. Pequenos ciclos podem permanecer eventos isolados, e o ciclo global do desenvolvimento organizacional pode tornar-se estagnado, regressivo, ou mesmo desmoronar. A ocorrência de um ciclo expansivo completo não é comum, e ele tipicamente requer esforços concentrados e intervenções deliberadas. Com essas ressalvas em mente, o ciclo de aprendizagem expansiva e suas ações incorporadas podem ser usados para analisar em pequena escala inovadores processos de aprendizagem<sup>64</sup> (p. 385 apud ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b, p. 11).

Segundo Engeström e Sannino (2010b), a lógica que está por trás do ciclo expansivo é que um novo ciclo inicia-se toda vez que um padrão estável de *atividade* começa a ser questionado. Isso pode levar muito tempo, talvez anos, para se configurar. Além disso, a aprendizagem expansiva pode conter traços de “retrocesso”, o que não deve ser entendido como algo puramente negativo, visto que, mesmo que um novo ciclo de *ações* expansivas se inicie, devemos levar em conta a tentativa que, conseqüentemente, tende a possibilitar um horizonte mais amplo para novas tentativas. Nas palavras dos autores: “expansão necessariamente envolve também a possibilidade de desintegração e regressão<sup>65</sup>” (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b, p. 11).

4) *Aprendizagem expansiva como transposição de fronteiras (superação de limites) e construção de redes* pode ser entendida como uma “*expertise* horizontal onde os praticantes devem mover-se para entre fronteiras para procurar e dar ajuda, para encontrar informações e ferramentas onde quer que elas estejam”<sup>66</sup> (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b, p. 12). Para os autores, transpor fronteiras pode significar “pisar em solo” desconhecido. Requer, muitas vezes, a criação/construção/formação coletiva de novos recursos conceituais que, por sua vez, demandam esforços criativos dos *sujeitos* engajados no processo de

<sup>64</sup> Tradução realizada por mim de “A large-scale expansive cycle of organizational transformation always consists of small cycles of innovative learning. However, the appearance of small-scale cycles of innovative learning does not in itself guarantee that there is an expansive cycle going on. Small cycles may remain isolated events, and the overall cycle of organizational development may become stagnant, regressive, or even fall apart. The occurrence of a full-fledged expansive cycle is not common, and it typically requires concentrated effort and deliberate interventions. With these reservations in mind, the expansive learning cycle and its embedded actions may be used as a framework for analyzing small-scale innovative learning processes.”

<sup>65</sup> Tradução realizada por mim de “Expansion necessarily involves also the possibility of disintegration and regression.”

<sup>66</sup> Tradução realizada por mim de “horizontal expertise where practitioners must move across boundaries to seek and give help, to find information and tools wherever they happen to be available.”

aprendizagem expansiva. Já a construção de redes pode ser entendida como um modo emergente de colaboração em organizações. O que não pode ser esquecido é que a formação de redes pode estar relacionada às hierarquias, níveis organizacionais, considerando que os *sujeitos*, em variadas práticas sociais, comumente são levados a se engajar em redes, por exemplo, em ambientes de trabalho. “Aprendizagem em redes organizacionais é frequentemente descrita como movimento horizontal de informação entre unidades organizacionais”<sup>67</sup> (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b, p. 13).

Em uma fábrica, por exemplo, poderiam ser observados diferentes níveis organizacionais – o nível da rede ideológica, o nível do projeto, o nível da produção e o nível dos operários. Só que, em uma empresa, os processos inovadores frequentemente demandam por coletivos de *sujeitos* engajados coletivamente em redes, cujas “fronteiras” podem não estar assim tão bem definidas, levando-se em conta apenas a divisão do trabalho em “classes”. Sendo assim, essa rede de inovação poderia ser entendida como nível de *parceria*, que somente seria possível de ser construída como um processo de aprendizagem expansiva, em termos, digamos, mais tradicionais de interação entre os funcionários. Portanto, “aprendizagem é também movimento vertical e *transposição de fronteiras* entre diferentes níveis organizacionais”<sup>68</sup> (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010, p. 13, grifo meu).

5) *Aprendizagem expansiva como movimento distribuído e descontínuo* pode ser entendida em termos de aprendizagem em redes distribuídas ou áreas multi-organizacionais, que apresentam caráter cada vez mais distribuído e descontínuo, considerando aprendizagens relacionadas ao trabalho (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b). Os processos coletivos de aprendizagem expansiva frequentemente se apresentam cheios de lacunas, interrupções, desentendimentos, conflitos e descontinuidades entre comunidades que, embora possam parecer, em um primeiro momento, potencialmente perturbadores, também podem representar oportunidades de aprendizagem (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b).

Para compreendermos o que Engeström e Sannino (2010b) chamam de natureza descontínua da aprendizagem expansiva, devemos levar em conta as seguintes considerações de Sannino e Nocon (2008, p. 326):

Mesmo se as tentativas de inovação local aparentemente morrem, eles ainda podem se propagar, porque outros podem adotá-las e prosseguir-las. Em outras palavras, a sustentabilidade das inovações não se refere apenas à continuidade local, mas

<sup>67</sup> Tradução realizada por mim de “learning in organizational networks is commonly depicted as horizontal movement of information between organizational units.”

<sup>68</sup> Tradução realizada por mim de “learning is also vertical movement and boundary crossing between different organizational levels.”

também a difusão e adaptações em outros contextos. Essas adaptações não significam necessariamente que uma inovação é ampliada e se torna uma reforma no sistema mais amplo<sup>69</sup>.

Com isso, podemos considerar que todo e qualquer movimento, ainda que descontínuo, em processos de aprendizagem expansiva, deve ser considerado como um direcionamento para possíveis aprendizagens expansivas, pois, mesmo que uma direção “inicial” seja alterada para uma direção “alternativa” no decorrer do processo de aprendizagem, os aprendizes engajados em transformações qualitativas em respectivos sistemas de *atividade* compartilhados em multiorganizações percorreram um caminho de mudanças, o que não os coloca mais em um patamar de principiantes.

Encerro aqui o breve relato das manifestações da aprendizagem expansiva em transformações de sistemas de *atividade*, conforme abordado e fundamentado por Engeström e Sannino (2010b).

---

<sup>69</sup> Tradução realizada por mim de “even if local innovation attempts ostensibly die, they can still spread because others may adopt and continue them. In other words, the sustainability of innovations does not refer only to local continuity, but also to diffusion and adaptations in other settings. Such adaptations do not necessarily mean that an innovation is scaled up and becomes a system wide reform.”

## 2 CÁLCULO E MODELAGEM NA ENGENHARIA: CONCEPÇÕES, PERSPECTIVAS E A ATUAL FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO

Neste capítulo, pretendo discorrer sobre alguns tópicos relacionados ao contexto da presente investigação. Primeiramente, com o intuito de localizar o foco da pesquisa nas demandas de formação profissional em Engenharia, faço uma breve exposição sobre a atual legislação que normatiza a formação de engenheiros no Brasil. Em segundo lugar, busco apresentar alguns aspectos relacionados aos processos de ensino-aprendizagem das disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia e, nesse contexto de formação, apresento a Modelagem Matemática como um espaço formativo alternativo. Em terceiro lugar, na literatura sobre Modelagem na Educação Matemática, busco por concepções e perspectivas relacionadas a essa atividade. Em quarto lugar, apresento uma revisão de literatura sobre Modelagem Matemática em processos de ensino-aprendizagem de Cálculo em cursos de Engenharia. Em quinto lugar, apresento a concepção da *atividade* de Modelagem Matemática assumida no contexto da pesquisa, e, por fim, apresento a abertura de *caixas-pretas* como *ações* estratégicas com vistas às possibilidades de aprendizagens expansivas relacionadas às transformações do *objeto* de uma *atividade* de Modelagem Matemática.

### 2.1 Diretrizes Curriculares para a formação de engenheiros no Brasil

Em 2002, o Conselho Nacional de Educação (CNE), com a Câmara de Educação Superior (CES), elaborou as *Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação em Engenharia*, por meio do parecer CNE/CSE 1.362/2001, publicado no Diário Oficial da União, em 25 de fevereiro de 2002, que culminou com a publicação da resolução CNE/CES 11/2002 no Diário Oficial da União, em 9 de abril de 2002, que estabelecem as diretrizes que orientam as Instituições de Ensino Superior na elaboração das estruturas curriculares para a formação do engenheiro conforme as demandas da sociedade. Nesse documento, consta que:

O perfil dos egressos de um curso de engenharia compreenderá uma sólida formação técnico científica e profissional geral que o capacite a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais

e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade (BRASIL, 2002).

Ainda, a resolução aponta quatorze *habilidades e competências* necessárias para a formação do egresso dos cursos de Engenharia no Brasil. São elas:

- a) aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;
- b) projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;
- c) conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
- d) planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;
- e) identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
- f) desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;
- g) supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;
- h) avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;
- i) comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;
- j) atuar em equipes multidisciplinares;
- k) compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;
- l) avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;
- m) avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;
- n) assumir a postura de permanente busca de atualização profissional (BRASIL, 2002).

Além disso, a resolução (CNE/CSE, 11/2002) também direciona os cursos de Engenharia com relação aos *conteúdos curriculares* e delimita em 30% a carga horária mínima dos cursos atendendo ao *núcleo de conteúdos básicos*, que engloba, dentre outros, os conteúdos da matemática. Ainda segundo a resolução, 15% da carga horária mínima versará sobre tópicos que, entre outros, englobam Matemática Discreta, Modelagem, Análise e Simulação de Sistemas.

Franchi (2002), ao realizar sua pesquisa de doutorado, buscou, dentre outras coisas, compreender as necessidades profissionais da Engenharia. Para a autora, o currículo de Engenharia deve ser estruturado de modo a atender a tais necessidades. Nesse sentido, focando nas disciplinas matemáticas que compõem a grade curricular dos referidos cursos, a autora entende que os objetivos devam ser orientados pelo cumprimento às necessidades de formação, considerando que as principais habilidades/competências do engenheiro atual são:

- Capacidade de identificar, formular e resolver problemas de Engenharia, considerando os aspectos multifuncionais relacionados a eles, avaliando os impactos na sociedade. Isto inclui: ter sólida formação básica (princípios da ciência que dá embasamento teórico à sua profissão), ter conhecimentos técnicos (produtos e processos) e ter conhecimentos não técnicos (sociais, políticos, éticos e ambientais). Inclui também a capacidade de buscar as informações e usar ferramentas modernas para a solução dos problemas.
- Criatividade
- Espírito crítico
- Capacidade de comunicação oral e escrita

- Capacidade de cooperação
- Capacidade de trabalho em equipe
- Capacidade de aprendizagem contínua (autoaprendizagem). (FRANCHI, 2002, p. 27)

Embora não esteja focando, especificamente, o olhar para as disciplinas de Cálculo que são estudadas nos cursos de Engenharia, mas para todas as disciplinas de Matemática<sup>70</sup> que são desenvolvidas em tais cursos, Franchi (2002) apresenta uma proposta curricular para nortear os conteúdos de Matemática para os cursos de Engenharia utilizando-se de recursos de Informática e de Modelagem Matemática.

Soares e Sauer (2004) apontam para a necessidade de examinar questões relacionadas ao tema “ensino-aprendizagem da Matemática para a Engenharia” devido às aparentes dificuldades que os engenheiros apresentam em lidar com conceitos matemáticos em suas vidas profissionais. As autoras afirmam que:

As disciplinas básicas do curso de Engenharia *precisam capacitar os aprendizes a relacionar conceitos matemáticos com situações reais* e desenvolver raciocínio dedutivo, habilitando-os a lerem os textos matemáticos e a interpretar fenômenos, frequentemente do ponto de vista da Física. Esta ligação entre o universo fenomenal da Matemática e o mundo das relações dos objetos físicos entre si talvez capture o que seria competência técnica de mais alto nível para qualquer engenheiro (SOARES; SAUER, 2004, p. 265, grifo meu).

As autoras, neste texto, não se utilizam do termo “Modelagem Matemática” como uma possibilidade para o desenvolvimento das competências técnicas para a formação dos engenheiros; contudo, segundo elas, a ligação entre “o universo fenomenal da Matemática e o mundo das relações dos objetos físicos” (SOARES; SAUER, 2004, p. 265), a meu ver, pode ser realizada por meio da Modelagem. Burghes e Borrie (1981) sugerem vários temas da Física que podem ser desenvolvidos por meio da Modelagem com Equações Diferenciais, entre eles: Lei de Torricelli, Circuitos Elétricos, Redes Elétricas, Movimento Planetário, Oscilações Mecânicas e Sistema Massa-Mola.

Vale ressaltar que, com o desenvolvimento da presente pesquisa, não pretendo investigar se a Modelagem Matemática se configura, de fato, como uma prática presente ou mesmo necessária para o trabalho dos engenheiros. A presente pesquisa busca um alinhamento às atuais demandas de formação matemática, necessárias à formação em

---

<sup>70</sup> Para a autora, as disciplinas de Matemática de cursos de Engenharia englobam os seguintes temas: Cálculo Vetorial, Cálculo Diferencial e Integral, Geometria Analítica, Álgebra Linear, Cálculo Numérico, Probabilidade e Estatística. (FRANCHI, 2002).

Engenharia, referendadas pelos pareceres e resoluções oficiais, por meio da Modelagem Matemática.

## 2.2 Cálculo em cursos de Engenharia

Nas Universidades departamentalizadas, os docentes que lecionam as disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia, geralmente, estão subordinados didática e pedagogicamente aos departamentos de Matemática, o que pode reforçar a manutenção da falta de reflexão e informação “sobre a necessidade da disciplina que leciona para a formação do futuro engenheiro” (BALDINO; CABRAL, 2004, p. 141). Esse fenômeno não está limitado aos professores das disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia, como afirmam Moreno e Azcárate Giménez (2003):

No caso de professores de matemáticas de universidade, o conhecimento que têm sobre o processo de ensino e aprendizagem é fruto da experiência docente e do efeito da socialização que lhes fazem repetir os esquemas daqueles professores que lhes ensinaram em sua época de estudantes. Os docentes universitários não costumam ter nenhuma formação didática específica, além da científica, que os capacite a ensinar<sup>71</sup> (MORENO; AZCÁRATE GIMÉNEZ, 2003, p. 267).

No Brasil, muitos docentes que lecionam disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia tiveram pouca ou nenhuma formação direcionada para serem professores. A legislação brasileira permite que o portador de diploma de bacharelado ocupe cargos de docência em nível superior, o que inclui os cursos de Engenharia.

Os professores de Cálculo dos cursos de Engenharia, assim como toda a comunidade envolvida nesse setor, têm percebido mudanças em relação ao perfil do alunado ingressante, após a expansão das Universidades Federais<sup>72</sup> e a implantação do Plano de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni), elaborados e implementados pelo Governo Federal em 2007, que objetivava, dentre outras coisas, a democratização do

---

<sup>71</sup> Tradução realizada por mim de “En el caso de los profesores de matemáticas de universidad, el conocimiento que tienen sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje es fruto de la experiencia docente y del efecto de la socialización que les hace repetir los esquemas de aquellos profesores que les enseñaron en su época de estudiantes. Los docentes universitarios no suelen tener ninguna formación didáctica específica, a parte de la científica que les capacite para enseñar.”

<sup>72</sup> A instituição escolhida para compor os dados para esta pesquisa está incluída no Plano de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais.

acesso de alunos às universidades federais. Campos (2012, p. 28), em sua pesquisa de doutorado, afirma que:

No caso de um curso de Engenharia, a expectativa é que o estudante já traga uma significativa bagagem em matemática e ciências, que, em princípio, deveria ter sido adquirida no ensino fundamental e médio. Essas seriam competências esperadas dos alunos por se tratarem de pré-requisitos para o ingresso nos cursos, que são aferidos num rigoroso, e concorrido, vestibular. Nesse processo de seleção, os estudantes são submetidos a testes em que todos os conteúdos, que tradicionalmente passaram a fazer parte da grade do ensino básico, poderão ser cobrados. Dessa forma, independentemente do seu histórico escolar, sobre aqueles que são aprovados, recai a expectativa de estarem familiarizados com todos esses conteúdos, o que nem sempre acontece.

O autor aponta que o esperado pela universidade é o perfil de um aluno que parece ser idealizado e não um aluno real. Mesmo antes das expansões e do Reuni, as dificuldades em relação à aprendizagem das disciplinas de Cálculo sempre fizeram parte da rotina universitária<sup>73</sup>. Porém, o problema pode ter sido colocado em relevo com o excesso de alunos em turmas de Cálculo aliado a uma possível sobrecarga de trabalho do professor, conforme apontado por Campos (2012, p. 24):

Outra questão apontada está ligada à meta de as Universidades terem uma média de 18 alunos por professor em cursos presenciais. Essa taxa foi estabelecida levando em consideração o cálculo que dava, à época da formulação do REUNI, uma média de 14,5 alunos por professor nas IFES. A crítica nesse quesito diz respeito à forma como esse cálculo foi feito, desconsiderando que muitos professores ocupam cargos administrativos e que algumas disciplinas práticas muito especializadas só podem funcionar com um número de alunos muito reduzido. Ao não levar essas questões em conta, o número apresentado no REUNI esconde o fato de já haver turmas superlotadas, além de não dar o devido peso à carga de trabalho dos docentes na pós-graduação. Assim, elevar ainda mais o número de alunos por sala pode gerar uma sobrecarga de trabalho dos professores, o que prejudicaria o ensino, a pesquisa e o atendimento à pós-graduação.

Os conteúdos geralmente presentes nas ementas das disciplinas de Cálculo dos cursos de Engenharia não sofreram consideráveis mudanças no último século (BIEMBENGUT; HEIN, 2007). Porém, as possibilidades de uso, ensino e aprendizagem dos seus conteúdos poderiam ser (re)pensadas em consonância às exigências de formação e, conseqüentemente, atuação do engenheiro na sociedade atual. Biembengut e Hein (2007, p. 415) afirmam que o ensino de Cálculo em cursos de Engenharia no Brasil se revela inadequado e insuficientemente ajustado. Eles enfatizam que entre as causas principais dessa situação podem estar: 1) as disciplinas de Cálculo são dadas por professores como se fossem

---

<sup>73</sup> Não apenas para estudantes de cursos de Engenharia.

hermeticamente fechadas; 2) a maioria dos profissionais da Engenharia afirma que a Matemática aprendida em seus cursos é insuficiente para a prática da Engenharia; 3) Cálculo Diferencial faz parte dos pré-requisitos de muitas disciplinas e não é ensinado de acordo com o curso em questão. Os autores ainda realçam o seguinte:

- Os estudantes não veem qualquer utilidade para isto, e, além disso, eles permanecem obscuros sobre as aplicações futuras do que lhes são ensinados;
- A matemática desenvolvida nos primeiros quatro semestres acaba esquecida pelos estudantes justo quando eles precisam usa-la em suas disciplinas profissionais;
- Álgebra e Cálculo registram maiores índices de evasão e fracasso;
- Conceitos como funções, limites, derivadas e integrais são ensinados da mesma maneira para todos os cursos (Química, Biologia, Economia, Matemática), a única diferença ocorre na ênfase dada pelo professor<sup>74</sup> (BIEMBENGUT, HEIN, 2007, p. 415).

Os autores ainda apontam que a ênfase é dada quase que exclusivamente nas técnicas e não nas aplicações, sem qualquer conexão com a Engenharia, ou seja, são negligenciados alguns conceitos fundamentais em detrimento de regras e técnicas. Uma consequência disso, segundo Biembengut e Hein (2007, p. 416) é que “quando esses alunos, futuros profissionais, se depararem com um problema ou situação para avaliar, analisar ou resolver que requeira uma decisão sobre melhor desempenho, eles não reconhecem as ferramentas que eles já adquiriram durante sua educação<sup>75</sup>”.

Franchi (2002) aponta para a necessidade de que os conteúdos de Matemática desenvolvidos em cursos de Engenharia sejam apresentados como uma linguagem de tradução e equacionamento de fenômenos da realidade, além de ferramentas para entendimento e solução de problemas relacionados a tais fenômenos. Pontua ainda que tal maneira de olhar para a Matemática em cursos de Engenharia nem sempre é percebida pelos alunos e justifica que isso ocorre devido à forma como a Matemática é, tradicionalmente, abordada nesses cursos.

Outro aspecto que julgo importante ser colocado em relevo é a frequente manutenção das metodologias e do enfoque teórico, por parte dos professores de Cálculo em

---

<sup>74</sup> Tradução realizada por mim de “Students do not see any use for this, and furthermore, they remain nuclear about the future applications of what they are taught; The mathematics developed in the first four semesters ends up forgotten by students just when they need use it in their professional disciplines; Algebra e Calculus record the highest indices of withdrawal and failure; Concepts like functions, limits, derivatives and integrals are taught in the same way for all courses (Chemistry, Biology, Economics, Mathematics, etc.), the only difference occurring in the many emphasis given by the teacher.”.

<sup>75</sup> Tradução realizada por min de “When these students, future professional, find themselves with a problem or situation to evaluate, analyze or resolve that requires a decision about better performance, they not recognize the tools that they have already acquired during their education.”

cursos de Engenharia que “procuram livros texto que são, em geral, mais adequados para eles mesmos, que são os mesmos que foram usados em sua própria educação, e reescrevem-no para usar em suas respectivas classes<sup>76</sup>”. (BIEMBENGUT, 1997 apud BIEMBENGUT; HEIN, 2007, p. 416).

Biembengut e Hein (2007) esclarecem que torna-se urgente que os professores busquem uma reorganização de conteúdos e métodos de ensino de maneira que permita a articulação entre teorias matemáticas e a atividade do engenheiro, fazendo com que o método de ensino permita-os enfatizar os princípios físicos da Engenharia e as teorias matemáticas ajudem-nos a descrever e a compreender melhor tais fenômenos. A necessidade de incorporar alguns conhecimentos não matemáticos pelos docentes das disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia, em suas práticas de ensino, torna-se indispensável sob esse ponto de vista.

Nesse sentido, Franchi (2002) aponta que, quando precisam utilizar algum conteúdo de Matemática em suas disciplinas, os professores de disciplinas mais avançadas de cursos de Engenharia frequentemente precisam retomar ou (re)ensinar os conceitos que necessitam, posto que, depois de algum tempo, os alunos tendem a se esquecer dos conceitos e técnicas que foram trabalhados nas disciplinas de Matemática em cursos de Engenharia.

Boyce e Diprima (1996, p. 1) enfatizam que “a razão principal para resolver muitas equações matemáticas é procurar aprender algo a respeito do processo físico que a equação se propõe a representar”. Só que, “de maneira geral, a ênfase é dada aos métodos de resolução das equações diferenciais ordinárias, esquecendo-se do problema que origina tal modelo, bem como da interpretação de suas soluções” (JAVARONI, 2007, p. 20). Assim, parece que, nas disciplinas de Cálculo dos cursos de Engenharia, essa razão de ser, muitas vezes, acaba sendo deixada de lado.

A forma de trabalhar as disciplinas de Cálculo voltadas para si mesmas e desligadas das aplicações pode acabar provocando um distanciamento de tais conteúdos à realidade dos problemas estudados durante a formação do engenheiro. Hubbard (1994, p. 372 apud HABRE, 2000, p. 455), por exemplo, pontua que “existe uma alarmante discrepância entre a visão de equações diferenciais como ligação entre a matemática e a ciência e o curso padrão de equações diferenciais<sup>77</sup>”. Tal discrepância poderia ser minimizada ou amenizada mediante a apresentação dos conceitos de Cálculo com referência na realidade:

---

<sup>76</sup> Tradução realizada por mim de “Look for textbooks that are, in general, better suited to themselves, that is, the same that were used in their own education, and rewrite them for use in their respective classes.”

<sup>77</sup> Tradução realizada por mim de “There is a dismaying discrepancy between this view of differential equations as the link between mathematics and science and the standard course on differential equations.”

A partir da análise de uma situação real é possível fazer com que o aluno percorra as etapas de aquisição do conhecimento: iniciando pelo aspecto afetivo (onde ele deve sentir a Matemática presente e ter dela uma compreensão prévia), passando pela interpretação e busca de significado, chegando à compreensão. Conceitos bem compreendidos podem ser aplicados com mais facilidade. O trabalho com os conceitos a partir de temas externos à Matemática é essencialmente interdisciplinar. Olhar para o problema sob a ótica de apenas uma disciplina conduz a uma visão fragmentada da situação. Um estudo amplo considerando os diversos aspectos que o problema pode envolver, sem dúvida é interessante. As características do problema indicarão qual o recurso mais adequado para ser utilizado (FRANCHI, 2002, p. 51).

Uma maneira de apresentar e desenvolver tais problemas ou situações no contexto dos cursos de Engenharia poderia se dar por meio da Modelagem Matemática, que, basicamente, pode ser entendida como a apresentação de um problema – cuja origem pode estar ou não na área de atuação dos futuros engenheiros, devendo ser resolvido a partir da construção de um modelo que possa ser representado por meio da utilização de ferramentas estudadas nas disciplinas de Cálculo, que inclui as Equações Diferenciais Ordinárias.

Camarena (2009, p. 123) entende que um modelo matemático no contexto dos cursos de Engenharia é “uma relação matemática que descreve objetos ou problemas de engenharia”<sup>78</sup>. Tal relação matemática poderia ser uma equação, um sistema de equações, uma distribuição de probabilidade, entre outros.

Barbosa (2004a, p. 67, grifo do autor) entende ser necessária a inserção da Modelagem Matemática em disciplinas em serviço, já que, “pela sua própria natureza interdisciplinar, a Modelagem é a *porta de entrada* privilegiada para atender a algumas expectativas dos alunos nos cursos<sup>79</sup> de serviço”.

A Modelagem Matemática em cursos de Engenharia, por se tratar de uma *atividade* que pressupõe interdisciplinaridade, desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas por meio de modelos matemáticos, trabalho em equipe e formação crítica em termos de atuação social dos futuros engenheiros, pode colaborar com o desenvolvimento das *habilidades e competências* aclamadas na resolução, como, por exemplo, “aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia”, “atuar em equipes multidisciplinares” e “avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental” (BRASIL, 2002).

Corroborando tal consideração, Franchi (2002, p. 74) enfatiza que “o trabalho com a Modelagem Matemática pode ajudar a desenvolver nos alunos [dos cursos de Engenharia] as habilidades necessárias para a resolução de problemas, preparando-o para

---

<sup>78</sup> Tradução realizada por mim de “a mathematical relation that describes engineering objects or problems.”

<sup>79</sup> Barbosa (2004) utiliza o termo curso em referência à disciplina.

enfrentar situações novas e buscar soluções”. A autora enfatiza, ainda, que a Modelagem Matemática propicia o desenvolvimento de habilidades, tais como criatividade, espírito crítico e capacidade de aprendizagem contínua, que são essenciais para a atuação profissional dos engenheiros. Além de possibilitar o desenvolvimento natural de habilidades de comunicação oral e escrita, capacidade de cooperação e trabalho em equipe (FRANCHI, 2002).

No sentido de alinhar e desenvolver a reflexão aqui proposta, a seguir, busco discorrer sobre perspectivas e concepções de Modelagem configuradas na Educação Matemática, que pressupõem um modo mais geral de conceber a Modelagem em diversos níveis de formação matemática e, posteriormente, seguir no sentido de especificar/exemplificar concepções e perspectivas que podem configurar a Modelagem na formação em Cálculo demandada pelos e nos cursos de Engenharia.

### **2.3 Modelagem na Educação Matemática: concepções e perspectivas**

A Modelagem é uma tendência que vem permeando o cenário da Educação Matemática no Brasil já há algum tempo, inclusive, recentemente passou a ser incorporada aos documentos oficiais do Ministério da Educação (MEC) como uma possibilidade para os processos de ensino-aprendizagem de Matemática na Educação Básica (BRASIL, 2006).

A Modelagem Matemática na Educação Matemática, de acordo com Borba e Villareal (2005), foi introduzida no Brasil preconizada pelos trabalhos de Paulo Freire e Ubiratan D’Ambrosio, entre o final da década de 70 e o início da década de 80. Naquela época, as atividades de Modelagem eram baseadas em “situações-problema” com o foco no real, no cotidiano, que desafiassem alunos e professores. Vale ressaltar que, naquela época, o uso de máquinas e programas computacionais já permeava os ambientes de Modelagem Matemática (MEYER, CALDEIRA, MALHEIROS, 2011).

Podemos afirmar que, na década de 80, a Modelagem Matemática ganhou força no país sob a influência de trabalhos como os de Aristides Barreto, Ubiratan D’Ambrosio, Rodney Bassanezi, João Frederico Meyer, entre outros que disseminaram a Modelagem Matemática por meio de cursos para a formação de professores e ações em salas de aula (MEYER; CALDEIRA; MALHEIROS, 2011).

Algumas concepções de Modelagem Matemática em contextos escolares foram apontadas por Barbosa (2001a; 2003; 2004a), Burak (1992) e Biembengut e Hein (2007;

2011). Barbosa (2001a, p. 6) entende que a “modelagem é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade”. Para Burak (1992, p. 62), a “Modelagem Matemática constitui-se em um conjunto de procedimentos cujo objetivo é estabelecer um paralelo para tentar explicar, matematicamente, os fenômenos presentes no cotidiano do ser humano, ajudando-o a fazer previsões e a tomar decisões”. Já Biembengut e Hein (2011) concebem a Modelagem Matemática como estratégia, técnica ou metodologia de ensino, cujo foco está na obtenção de um modelo matemático com intuito de ensinar conhecimentos acadêmicos que possam ajudar as pessoas em termos das possibilidades de atuação nos diversos contextos de vida.

Não há uma única definição de Modelagem Matemática, mas diferentes concepções de Modelagem são assumidas por quem usa Modelagem em contextos educacionais, sempre levando em conta que situações diferentes podem levar a diferentes conceituações de Modelagem (MEYER; CALDEIRA; MALHEIROS, 2011). Vale ressaltar que assumo o termo concepção<sup>80</sup> designando “tanto o ato de conceber quanto o objeto concebido, mas, preferivelmente, o ato de conceber e não o objeto, para o qual deve ser reservado o termo *conceito*” (ABBAGNANO, 2007, p. 169, grifo do autor).

Instigada em compreender as concepções de Modelagem Matemática assumidas por alguns autores que fazem uso da palavra *arte* em tal conceitualização, tais como Bassanezi (2006) e Biembengut e Hein (2011), busquei na *internet* pelo significado da palavra “arte” e encontrei:

Arte (do latim *ars*, significando *técnica e/ou habilidade*) geralmente é entendida como a atividade humana ligada a manifestações de ordem estética ou comunicativa, realizada a partir da percepção, das emoções e das ideias, com o objetivo de estimular essas instâncias da consciência e dando um significado único e diferente para cada obra. (<https://pt.wikipedia.org/wiki/Arte>, 10/04/2013).

Com base no significado acima, podemos refletir sobre a concepção de Modelagem Matemática assumida por Bassanezi (2006, p. 16), que consiste na “arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real”. Primeiro, o significado da palavra arte pode ser uma técnica ou habilidade, fazendo parte da atividade humana, ligada a manifestações de

---

<sup>80</sup> “Tão logo um conceito é simbolizado para nós, nossa imaginação reveste-se de uma concepção privada e pessoal, que só podemos distinguir por um processo de abstração do conceito público e comunicável” (LANGER apud ABBAGNANO, 2007, p. 169).

ordem estética e comunicativa, realizada a partir da percepção, de emoções e das ideias. Dessa forma, a arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos pode perpassar por questões de ordem estética e comunicativa, que, por sua vez, tem estreita relação com as necessidades dos seres humanos de cooperação e ética. Segundo, tal técnica ou habilidade de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos leva em conta as vivências, as subjetividades, estreitamente ligadas ao pensamento, ao mundo das ideias. E, por último, a arte tem como objetivo estimular instâncias da consciência, produzir significados para as obras de arte, aqui, relacionadas à transformação de problemas reais em problemas de Matemática, sendo que a última instância dessa obra se realiza por meio da interpretação das soluções na linguagem do mundo real, que, por sua vez, pode possibilitar novos olhares sobre a realidade.

Além disso, Bassanezi (2006, p. 38, grifo meu) considera que “mais importante do que os modelos obtidos é o *processo* utilizado, a análise crítica e sua inserção no contexto sócio-cultural”. Tal posicionamento pode nos levar ao entendimento de que o termo *arte*, presente em sua concepção de Modelagem Matemática, em termos do *processo* utilizado, poderia ser resumido nas ações de *transformar* (problemas da realidade em problemas matemáticos), *resolver* (os problemas matemáticos) e *interpretar* (suas soluções na linguagem do mundo real). Além de objetivar a motivação para o aprendizado da matemática, o autor acredita que “as discussões sobre o tema escolhido favorecem a preparação do estudante como elemento participativo da sociedade em que vive” (BASSANEZI, 2006, p. 38).

Biembengut e Hein (2011) concebem a Modelagem Matemática como um processo que envolve a obtenção de um modelo, podendo ser considerado um processo *artístico*, visto que, para os autores, na elaboração de um modelo, além do conhecimento matemático, o modelador necessita ter uma dose significativa de intuição e criatividade para interpretar o contexto, saber discernir qual(is) conteúdo(s) matemático(s) se adapta(m) melhor e senso lúdico para jogar com as variáveis escolhidas. Nas palavras dos autores, “a modelagem matemática é, assim, uma *arte*, ao formular, resolver e elaborar expressões que valham não apenas para uma solução particular, mas que também sirvam, posteriormente, como suporte para outras aplicações e teorias” (BIEMBENGUT; HEIN, 2011, p. 13, grifo meu).

Além disso, Bassanezi (2006) e Biembengut e Hein (2011) denominam “Modelação Matemática” o método ou estratégia de ensino que utiliza a essência da modelagem em cursos regulares, nos quais há um programa curricular a ser cumprido, além de uma estrutura espacial e organizacional bem definida. Tais autores acreditam que o

processo de modelagem em tais contextos precisa sofrer algumas alterações, considerando o grau de escolarização dos aprendizes, o tempo disponibilizado para o desenvolvimento da atividade, “o programa a ser cumprido e o estágio em que o professor se encontra, seja em relação ao conhecimento da modelagem, seja no apoio por parte da comunidade escolar para implantar mudanças” (BIEMBENGUT; HEIN, 2003, p. 18).

Existem, ainda, outras concepções de Modelagem na Educação Matemática presentes na literatura brasileira, das quais podemos destacar: proposta para educar matematicamente, considerando a Modelagem como uma concepção de ensino e aprendizagem (CALDEIRA, 2009), estratégia pedagógica na qual os estudantes trabalham em grupo e são responsáveis pela escolha do tema a ser investigado (BORBA; MENEGUETTI; HERMINI, 1997). Dentre todas essas concepções, Meyer, Caldeira e Malheiros (2011) acreditam que:

o que as diferencia, basicamente, é a ênfase na escolha do problema a ser investigado, que pode partir do professor, pode ser um acordo entre professor e alunos ou, então, os estudantes podem escolher o assunto que pretendem investigar, uma postura que se assemelha à Modelagem exercida profissionalmente (MEYER; CALDEIRA; MALHEIROS, 2011, p. 81)

Ao passo que o que diferencia as concepções de Modelagem pode estar relacionado ao “problema da realidade” e à escolha dele, o que as aproxima é, segundo Meyer, Caldeira e Malheiros (2011, p. 85), um objetivo comum: “estudar, resolver e compreender um problema da realidade, ou de outra(s) área(s) do conhecimento utilizando para isso a Matemática e, obviamente, outras disciplinas e ideias”.

Araújo (2002, p. 20, grifo da autora), porém, acredita que as perspectivas se diferenciam “à medida que se define qual é o objetivo de resolver tal problema, qual é a *realidade* na qual o problema está inserido, como a *matemática* é concebida e se relaciona com esta *realidade*, etc...”<sup>81</sup>. A autora assume o termo “perspectiva” designando os propósitos que são delineados pelo professor, ao propor a Modelagem Matemática como uma atividade em sala de aula. Com base nesses propósitos, faz-se necessário definir o papel dos alunos e professor(es) na atividade, principalmente no que diz respeito à escolha do “problema da realidade” a ser entendido/solucionado.

A Modelagem “pode criar possibilidades interdisciplinares na sala de aula, fato considerado muito importante (ou, até essencial) entre as questões de ensino e aprendizagem,

---

<sup>81</sup> No escopo deste texto, não pretendo discorrer sobre as relações entre *matemática* e *realidade*, nem tampouco realizarei uma discussão do que seriam estes termos. Em Araújo (2002), o leitor encontrará uma interessante discussão sobre realidade e matemática, baseada em discussões filosóficas.

mostrando que, no caso, a Matemática não é uma ciência isolada das outras”. (MEYER; CALDEIRA; MALHEIROS, 2011, p. 85). A integração da Matemática com outras áreas do conhecimento pode constituir, dessa forma, importante contribuição para a construção do conhecimento matemático nos cursos de Engenharia, podendo minimizar o que Camarena (2009) chama de *ponto de conflito cognitivo* vivenciado pelos futuros engenheiros, “uma vez que ele estudou matemática e engenharia separadamente, de modo que quando ele usa as duas áreas do conhecimento, estas áreas cognitivas estão separadas e ele tem que integrá-las a fim de matematizar o problema a ser resolvido”<sup>82</sup> (CAMARENA, 2009, p. 117).

Blum (1991), Blum e Leiss (2005), Barbosa (2003) e Bassanezi (2006) apontam alguns argumentos a favor da inclusão da Modelagem nos currículos escolares, sendo estes apresentados pelos pesquisadores da área de Modelagem em Educação Matemática, que foram por mim sumarizados da seguinte forma:

- *Argumento formativo*: os alunos se tornariam mais criativos, habilidosos e explorativos em atividades investigativas e de resolução de problemas;
- *Argumento de competência crítica*: os alunos estariam preparados para a vida real como cidadãos atuantes na sociedade, analisando as formas que a matemática é usada nas práticas sociais;
- *Argumento de utilidade*: os alunos estariam preparados para utilizar a matemática como ferramenta para resolver problemas em diferentes situações e áreas, o que é importante para atuarem na vida cotidiana e no trabalho;
- *Argumento motivacional/intrínseco*: os alunos estariam mais estimulados para o estudo, entendimento e interpretação da própria matemática, pois vislumbram sua aplicabilidade;
- *Argumento de aprendizagem*: os alunos teriam mais facilidade em compreender conceitos matemáticos, devido à possível conexão com outros assuntos.

Considerando os currículos dos cursos de Engenharia no Brasil, ao assumir as disciplinas de Cálculo como importante arsenal de ferramentas que possibilita/auxilia a resolução de problemas e a compreensão de fenômenos englobados/estudados nos diversos cursos de Engenharia, o *argumento de utilidade* poderia ocupar lugar de destaque no debate para a inclusão da Modelagem nos currículos destes cursos. Vale ressaltar que tal argumento não exclui os demais, apenas poderia ocupar lugar de destaque.

---

<sup>82</sup> Tradução realizada por mim de “since he studied mathematics and engineering separately, so that when he uses both knowledge areas, these cognitive areas are separated and he has to integrate them in order to mathematize the problem to be resolved.”

Vários argumentos, porém, são apresentados como obstáculos para o uso da Modelagem Matemática em cursos regulares. Tais obstáculos, segundo Bassanezi (2006, p. 37, grifos do autor), podem ser de três tipos:

1) *Obstáculos instrucionais* - Os cursos regulares possuem um *programa* que deve ser desenvolvido completamente.[...] alguns professores tem dúvida se as aplicações e conexões com outras áreas fazem parte do ensino de Matemática, salientando que tais componentes tendem a distorcer a estética, a beleza e a universalidade da Matemática.

2) *Obstáculos para os estudantes* - O uso da Modelagem foge da rotina do ensino tradicional e os estudantes, não acostumados com o processo, podem se perder e se tornar apáticos nas aulas. [...]

3) *Obstáculos para os professores* - Muitos professores não se sentem habilitados a desenvolver modelagem em seus cursos, por falta de conhecimento do processo ou por medo de se encontrarem em situações embaraçosas quanto às aplicações da matemática em áreas que desconhecem. Acreditam que perderão muito tempo para preparar as aulas e também não terão tempo para cumprir todo o programa do curso.

Blum (1991), ainda, afirma que, do ponto de vista dos professores, a inclusão da Modelagem aumentaria suas demandas de trabalho, devido às qualificações adicionais e conhecimentos não matemáticos que são requeridos nesse tipo de *atividade*.

Flemming (2004), ao relatar o desenvolvimento de uma pesquisa sobre o ensino das Equações Diferenciais Ordinárias, mostra um dos obstáculos apontados por Bassanezi (2006):

A nossa motivação estava alicerçada no fato de que a maioria dos professores não discute a resolução de problemas, no contexto das equações diferenciais e as razões apontadas são: os alunos ainda não dominam os conhecimentos da Física e outras áreas requeridas para a interpretação dos problemas; os professores, na sua formação, não tiveram o aprofundamento em diferentes áreas da Engenharia, requeridas para o domínio do problema (FLEMMING, 2004, p. 280).

Considerando os obstáculos apontados acima, em cursos de Engenharia, além de entender como os alunos e professores conduzem suas experiências em Modelagem Matemática, seria necessário entender também as possibilidades que esse ambiente de formação proporciona aos aprendizes, sendo eles alunos, professores, monitores e demais sujeitos da comunidade acadêmica que realizam as atividades que objetivam a formação do engenheiro contemporâneo.

Um fator muito importante que deve ser considerado quando se pretende usar a Modelagem em cursos de Engenharia é o tempo. Geralmente, o tempo que deve ser dedicado ao desenvolvimento de cada parte das disciplinas de Cálculo é considerado/sugerido nos respectivos planos de ensino. Sendo assim, o cumprimento de ementas/conteúdos pode tornar-

se, para o professor, um ponto de tensão que pode influenciar sua decisão quanto à incorporação da Modelagem em sua prática docente.

No que tange a incorporação da Modelagem Matemática no decorrer de disciplinas escolares, a adequação da proposta de ensino, elaborada pelo professor, deve levar em conta os conteúdos a serem abordados e, assim, buscar por temas de Modelagem guiados pelos conteúdos. Para isso, Biembengut e Hein (2007, p. 417) sintetizam os estágios do processo a serem seguidos pelos docentes quando eles se disponibilizam a realizar Modelagem durante as disciplinas ofertadas em cursos de Engenharia:

- 1) Apresentar uma síntese do *tema* relativo para Engenharia;
- 2) Propor algumas questões sobre o *tema*, encorajando os estudantes a responder;
- 3) Selecionar as questões que são mais apropriadas para desenvolver o conteúdo programático de matemática;
- 4) Formular questões de tal modo a aumentar o teor de conteúdo matemático necessário para resolvê-lo;
- 5) Apresentar o conteúdo programático de matemática;
- 6) Propor exemplos análogos de modo que o conteúdo não seja restrito ao modelo, assim que o conteúdo necessário é suficientemente desenvolvido para responder ou resolver este estágio do trabalho;
- 7) Solicitar aos estudantes fazerem pesquisas sobre o assunto, caso seja necessário;
- 8) Retornar à questão que começou o processo, apresentando uma solução;
- 9) Orientar os estudantes na análise de seus resultados e sua validação<sup>83</sup>.

Já Franchi (2002) acredita que a Modelagem deva permear as atividades desenvolvidas nas disciplinas da área de Matemática em cursos de Engenharia. Para a autora, a escolha dos conteúdos matemáticos a serem abordados em tais disciplinas em cursos de Engenharia deve ocorrer em função do contexto histórico. Para cada contexto, é necessário, antes de qualquer coisa, identificar os objetivos alinhados às demandas de formação em Engenharia e depois escolher conteúdos e metodologias que ajudem a atingir tais objetivos. Nesse sentido, a estrutura curricular não deve ser algo estático, muito pelo contrário, deve permitir diferentes possibilidades de organização que possam ser adaptadas a cada contexto, curso ou momento histórico.

---

<sup>83</sup> Tradução realizada por mim de “1) Present a synthesis of the *theme* relative to Engineering

2) Propose some question about the theme, encouraging students to respond

3) Select the question that is most appropriate for developing the programme’s mathematical content

4) Formulate questions in such a way as to raise the mathematical content necessary for resolving them

5) Present the programmatic mathematical content

6) Propose analogous examples so that the content is not restricted to the model, as soon as the necessary content is sufficiently developed for answering or resolving this stage of the work

7) Solicit students to make research into the subject, if deemed necessary

8) Return to the question that began the process, presenting a solution

9) Guide the students in analysing their results and its validity.”

Vale ressaltar que Franchi (2002) apresenta, como fruto de sua investigação, uma proposta curricular para tratar os conteúdos de Matemática em cursos de Engenharia utilizando de Modelagem e Informática em consonância às exigências de tal formação profissional. A incorporação da Modelagem e da Informática nas práticas de ensino-aprendizagem cuja finalidade é possibilitar a formação Matemática dos engenheiros se deu mediante a implementação da referida proposta curricular em uma instituição que se destina à formação de engenheiros. Ou seja, o currículo foi transformado e implementado.

Contudo, caso o currículo de uma instituição não seja modificado (por quaisquer razões) e, conseqüentemente, não seja implementada modificação alguma, mesmo assim, seria possível desenvolver atividades de formação de Cálculo utilizando Modelagem Matemática. Mas qual seria a melhor forma? Seria possível adequar um currículo já pré-estabelecido e demasiadamente estático aos objetivos de formação em Engenharia que atenda às exigências atuais para tal formação, utilizando-se da Modelagem Matemática? Franchi (2002) considera como necessário e importante a integração da Matemática com as demais áreas dos cursos de Engenharia mediante o desenvolvimento de atividades de Modelagem, porém, afirma que não existe um entendimento claro de como isso deve ser feito.

Kaiser e Sriraman (2006) se incumbiram de revisar a literatura (em termos de pesquisas realizadas em vários países do mundo) e sistematizar as perspectivas de Modelagem em Educação Matemática. Os autores delimitaram perspectivas que, em 2006, podiam ser consideradas como tendências no debate sobre a Modelagem na Educação Matemática, conforme seus objetivos centrais, a partir da análise de artigos apresentados em conferências e periódicos internacionais, tais como ICTMA<sup>84</sup> e ZDM<sup>85</sup>. Vale ressaltar que não há qualquer menção que os autores dos referidos artigos assumam tais perspectivas em todas as investigações que se propõem a desenvolver. E, mais do que isso, não significa que a perspectiva assumida esteja posta de forma clara e objetiva em cada artigo. Sendo assim, por vezes, devemos considerar a perspectiva assumida pela leitura dos autores aos textos publicados nos congressos e periódicos.

No Brasil, alguns mapeamentos foram realizados na tentativa de estabelecer um panorama atual das pesquisas em Modelagem na Educação Matemática. Um deles, e talvez o mais recentemente publicado internacionalmente, foi elaborado por Araújo (2010). Como *corpus*, foram analisados trabalhos apresentados e publicados em eventos ocorridos no país

---

<sup>84</sup> International Conference on the Teaching of Mathematical Modelling and Applications (ICTMA).

<sup>85</sup> The International Journal on Mathematics Education (ZDM).

durante os anos de 2006 e 2007. São eles: 14 trabalhos apresentados no III SIPEM<sup>86</sup>, 10 trabalhos apresentados no IX ENEM<sup>87</sup> e 32 trabalhos apresentados na CNMEM<sup>88</sup>, totalizando 56 publicações. No artigo a autora esclarece que:

Devido à sua influência, a modelagem em educação matemática no Brasil reflete influências da matemática aplicada, campo principal de trabalho de Bassanezi, mas tem sido marcada principalmente pelos estudos sócio-culturais desenvolvidos por D'Ambrosio no campo da Etnomatemática<sup>89</sup> (ARAÚJO, 2010, p. 338).

Com base nas leituras dos diversos textos mencionados anteriormente, observei que existem diversas concepções em atividades de Modelagem Matemática, nos mais diversos contextos de formação, podendo ser realizadas durante o desenvolvimento de disciplinas regulares, como cursos de formação de professores, iniciação científica, pesquisa, entre outras possibilidades. A apresentação do problema pode ser realizada tanto pelo professor quanto pelos alunos. O problema pode ser exposto juntamente com seus dados qualitativos e/ou quantitativos. Pode ocorrer de os alunos e professor(es) terem que procurar pelos dados quantitativos ou qualitativos relacionados ao problema proposto. Podem ser incluídos também problemas para os quais já foram estabelecidos modelos matemáticos que os representem (as denominadas aplicações).

A seguir, apresento uma revisão de literatura sobre as pesquisas que buscam analisar os usos da Modelagem Matemática para propiciar formações em Cálculo em cursos de Engenharia. Com isso, objetivo delimitar a presente investigação no contexto da revisão de literatura.

#### **2.4 Revisão de literatura sobre pesquisas de Modelagem em Cálculo na Educação em Engenharia: delineando o espaço da presente pesquisa**

Ao ler, por exemplo, os anais do Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática (SIPEM)<sup>90</sup>, que ocorreram trienalmente entre os anos de 2000 e 2012,

---

<sup>86</sup> Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática.

<sup>87</sup> Encontro Nacional da Educação Matemática.

<sup>88</sup> Conferência Nacional sobre Modelagem na Educação Matemática.

<sup>89</sup> Tradução realizada por mim de "Due to their influence, modelling in mathematics education in Brazil reflects influences from applied mathematics, Bassanezi's main field of work, but has been imprinted mainly by the socio-cultural studies developed by D'Ambrosio in the field of ethnomathematics."

<sup>90</sup> O SIPEM é um seminário realizado trienalmente e organizado pela Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM).

foi encontrado apenas um trabalho que faz referência ao uso de Modelagem em cursos de Engenharia, tendo sido apresentado no V SIPEM, em 2012. Nele, Ferruzzi (2012, p. 1) apresenta resultados de uma pesquisa que buscou investigar “o potencial da Modelagem Matemática para o estabelecimento de interações que possuem características consideradas fonte de aprendizagem” em um curso de Engenharia Ambiental. A autora se baseia nos estudos de Vygotsky e considera que a aprendizagem está associada à interação. Sendo assim, entende que “propiciar atividades que conduzam à interação pode auxiliar o aluno em seu aprendizado e deve ser um dos interesses do professor” (FERRUZZI, 2012, p. 1).

Biembengut e Hein (2007) concebem a Modelagem Matemática como uma metodologia de ensino em cursos de Engenharia. Além disso, eles esclarecem a ênfase dada por eles nas atividades de Modelagem em cursos de Engenharia:

O objetivo deste trabalho é criar condições para que os alunos aprendam a fazer modelos matemáticos, aumentando e aperfeiçoando seus conhecimentos. Um grupo de estudantes, sob a supervisão do professor, deve ser responsável pela escolha e direção de seu próprio trabalho. Cabe ao professor criar condições onde eles podem desenvolver esta autonomia<sup>91</sup> (BIEMBENGUT; HEIN, 2007, p. 417).

O desenvolvimento de *atividades* de Modelagem em sala de aula implica, necessariamente, delineamento de especificações que engloba os objetivos para a realização da *atividade*, bem como os papéis que devem ser assumidos por alunos e professores. Os pesquisadores da Modelagem na Educação Matemática entendem que tais especificações, ao serem assumidas pelos professores, definem uma perspectiva de Modelagem Matemática (BARBOSA; SANTOS, 2007, p. 1-2).

Alguns trabalhos sobre Modelagem em Educação foram apresentados em edições anuais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE). Nas últimas 10 edições do evento (de 2003 a 2012), dezesseis trabalhos sobre Modelagem Matemática na Educação em Engenharia foram apresentados<sup>92</sup>. Observe que a média é de menos de dois trabalhos por edição do evento. O que poderia explicar uma participação tão inexpressiva nesse congresso por parte dos pesquisadores em Educação Matemática? Não sei a resposta

<sup>91</sup> Tradução realizada por mim de “The objective of this work is to create conditions in which students learn to make mathematical models, increasing and perfecting their knowledge. A group of students, under the supervision of the teacher, must be responsible for the choice and direction of their own work. It falls to the teacher to create conditions where they can develop this autonomy.”

<sup>92</sup> Os anais do evento estão disponíveis no site [www.abenge.org.br](http://www.abenge.org.br). Busquei pelo termo *Modelagem* e li todos os resumos que obedecessem a essa busca. Dentre eles, descartei os artigos que se referiam à Modelagem “puramente” sob a ótica da Matemática Aplicada à resolução de problemas da Engenharia, restando, assim, apenas os artigos que se referiam essencialmente à Modelagem sob a ótica da formação Matemática em Engenharia.

para essa pergunta, e nem é o intuito desta pesquisa descobrir a resposta; contudo, penso que esta realidade pode estar relacionada à hipótese, formulada por Cury (2002), de que “os professores de disciplinas matemáticas não se consideram professores dos cursos de Engenharia e, por isso, não se propõem a apresentar seus trabalhos em congressos de ensino desta área”.

Em sua pesquisa de doutorado, Araújo (2002) analisou uma proposta de Modelagem Matemática desenvolvida em uma turma de Cálculo do curso de Engenharia Química de uma universidade pública do Estado de São Paulo. Tal proposta foi implementada durante o desenvolvimento da disciplina que contempla(va) os conteúdos de Cálculo Diferencial e Integral I. A pesquisadora analisou atividades de Modelagem Matemática em um ambiente de ensino e aprendizagem de Cálculo, no qual as tecnologias informáticas estavam presentes, com o objetivo de investigar que discussões ocorrem e como elas ocorrem. Vale ressaltar que a autora entende que “discussões” podem ser entendidas como algum tipo de “comunicação”, que, por sua vez, pode exercer influências sobre a “aprendizagem”. Para ela, aprendizagem “certamente está ligada a questões de comunicação na Educação Matemática” (ARAÚJO, 2002, p. 164).

Ferruzzi (2011) realizou sua pesquisa de doutorado mediante a aplicação de uma proposta de Modelagem Matemática em um curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Tal proposta foi implementada durante o desenvolvimento da disciplina, chamada de *Matemática 2* na referida instituição, que contempla os conteúdos de Equações Diferenciais Ordinárias. A pesquisadora desenvolveu atividades de Modelagem Matemática com referência nos temas relacionados aos conteúdos de EDO com o objetivo de *investigar as interações que emergem durante o desenvolvimento de atividades de Modelagem Matemática na sala de aula*. Como parte da análise, a autora aponta que os diálogos que emergiram durante as atividades de Modelagem propostas na investigação ocorrem com mais frequência do que os diálogos que emergem de práticas tradicionais de ensino-aprendizagem da referida disciplina. Além disso, constatou que as interações proporcionadas pelo desenvolvimento das atividades de Modelagem atuaram significativamente no favorecimento da aprendizagem dos alunos.

Vale ressaltar que a proposta de modelagem implementada por Ferruzzi (2011, p. 24, grifos da autora) foi baseada em um *contexto simulado*, que pode ser entendido como uma representação do *contexto real*. Tal contexto tem origem no *contexto real*, sendo reproduzidas partes de suas características. Para a autora, “o *contexto simulado* faz referência à situações da vida cotidiana que são retomadas e transformadas em atividades de ensino e aprendizagem”.

A autora considera aprendizagem, na referida pesquisa, como um processo de mudança nas formas discursivas dos alunos.

Além disso, Ferruzzi (2011, p 33) considera o conceito vygotskyano de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) como sendo “o desenvolvimento humano em dois níveis: o Nível de Desenvolvimento Real (NDR) e o Nível de Desenvolvimento Potencial (NDP). A ‘distância’ entre estes dois níveis é denominada por Vygotsky como sendo a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)”. Nesse sentido, as conclusões da referida pesquisa são tomadas em termos de aprendizagens que não poderiam acontecer de modo espontâneo, sendo, então, promovidas pela ação intencional do professor. Com isso, a autora considera que o professor pode exercer o papel de mediador dos processos de ensino e aprendizagem de Cálculo em um curso de Engenharia, por meio de atividades de Modelagem Matemática.

Vale ressaltar que Ferruzzi (2011) investigou as interações que emergem de atividades de Matemática em sala de aula da disciplina *Matemática 2*, que, na UTFPR, abarca os conteúdos de EDO, considerando que o conhecimento é construído na e pela interação, enquanto a presente pesquisa buscou analisar as possibilidades de aprendizagens expansivas evidenciadas em atividades desenvolvidas por um Grupo de Estudos e Pesquisa em Modelagem Matemática (GEPMM) em um contexto de formação em Engenharia. Portanto, interação e aprendizagem estão intimamente inter-relacionadas em Ferruzzi (2011). Vale ressaltar que para a referida autora, a aprendizagem pode ser entendida como um processo de mudança nas formas discursivas dos alunos.

Tomando-se por base Araújo (2002) e Ferruzzi (2011), percebo que discussões (comunicações) e interações são elementos cuja análise se torna essencial para investigar processos de aprendizagem em atividades de Modelagem desenvolvidas em disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia.

Buscando esclarecer os conceitos de comunicação e interação, entendendo-os como constituintes de discursos que permeiam os mais diversos ambientes de aprendizagem, encontrei em Bakhtin (2010, p. 36) o seguinte relacionamento entre comunicação, interação e consciência: “a lógica da consciência é a lógica da comunicação ideológica, da interação semiótica de um grupo social. Se privarmos a consciência de seu conteúdo semiótico e ideológico, não sobra nada”.

Tanto em Araújo (2002) quanto em Ferruzzi (2011), as *atividades* de Modelagem permearam as demais *atividades* desenvolvidas em disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia. Sendo assim, as *atividades* de Modelagem estiveram condicionadas à adaptação ao contexto das referidas disciplinas de Cálculo. Para tal condicionamento, faz-se necessário,

supostamente, o alinhamento das *atividades* de Modelagem aos objetivos que são delineados em cada disciplina.

A meu ver, outras questões podem ser colocadas em relevo quando se desenvolve Modelagem em salas de aula de disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia: o engajamento dos alunos nas referidas atividades estaria relacionado a quais motivos? As situações-problema não matemáticas em questão estariam condicionadas aos conteúdos de cada disciplina? Quais ideologias estariam permeando tais ambientes de aprendizagem?

Na intervenção proposta na presente pesquisa, entendo os conteúdos de Cálculo como ferramentas para a formação em Engenharia. Um Cálculo que somente pode ser concebido em ação. Cálculo como meio, não como finalidade. Baseado nisso, não há, a priori, como definir os conteúdos de Cálculo que possam ser utilizados para entendimento de uma questão-problema não matemática oriunda de um contexto real – razão de ser das atividades de Modelagem, que seja escolhida por um grupo de sujeitos. Mais do que isso, o foco principal da referida atividade é o entendimento da questão-problema. Dessa forma, os conteúdos de Cálculo são construídos e utilizados para solucionar a questão-problema – um Cálculo que já “nasceria” em ação.

Tomando-se por base a constituição do GEPMM, como um contexto alternativo às disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia, e as *atividades* que foram nele desenvolvidas, busco analisar as possibilidades de aprendizagens expansivas.

## **2.5 Concepção de uma *atividade* de Modelagem Matemática assumida em um contexto de formação em Engenharias**

Para Barbosa (2001a, p. 6), “modelagem é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade”. Vale ressaltar que o autor focou seus estudos de doutoramento na formação inicial de professores de Matemática, ou seja, alunos de licenciatura em Matemática. Na referida pesquisa de doutorado, Barbosa (2001b), orientou-se pela busca em entender a concepção de Modelagem Matemática de futuros professores de Matemática, tendo em vista as experiências matemáticas, particularmente com modelagem, vivenciadas pelos licenciandos, aliadas as suas concepções de Matemática e de seu ensino.

Nesse sentido, considero que a Modelagem Matemática pode perfazer algo além do que é proposto explicitamente por Barbosa (2001a), devido ao simples fato de que não

somente os estudantes podem estar sendo convidados a indagar e/ou investigar, mas acredito, sobretudo, que tais ambientes podem assumir importante papel na formação continuada de professores em suas próprias práticas<sup>93</sup>, ampliando, assim, os respectivos horizontes de atuação nas mais diversas dimensões cotidianas de trabalho. Vale ressaltar que, embora Barbosa (2001a) não exclua as possibilidades de formação docente continuada em tais ambientes de aprendizagem, ele não se propôs a focar suas discussões nesse possível aspecto da *atividade*.

Bassanezi (2006, p. 16) entende que a modelagem matemática consiste na “arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real”. A obra artística pode ser considerada criação de uma nova realidade, posto que o homem se afirma, criando ou humanizando o que toca – a práxis artística, que, ao ampliar e enriquecer, com suas criações, a realidade já humanizada, constitui uma práxis essencial para o homem (SÁNCHEZ VÁZQUEZ, 1977, p. 198).

Ao considerar a modelagem como arte, situando-a na esfera da *atividade*, da transformação de uma matéria (problema da realidade) sob uma nova forma (problemas matemáticos), é preciso levar em conta a necessidade humana que o *objeto* criado ou produzido será capaz de satisfazer. São as necessidades humanas que configuram e orientam as *atividade* de modelagem, realizadas por uma coletividade cujo *objeto* compartilhado relaciona-se, necessariamente, com os *objetivos centrais* a serem alcançados mediante a realização de *ações* intencionais adequadas às finalidades, que, por sua vez, podem ser caracterizadas pela(s) perspectiva(s) de modelagem assumida(s) pelos *sujeitos* engajados em tal *atividade*.

No contexto da pesquisa relatada no presente texto, considero que *atividade* de Modelagem Matemática constituem *espaços formativos*<sup>94</sup> nos quais os *sujeitos* engajados dirigem suas *ações* em prol do entendimento e da resolução de questões-problema não matemáticas, oriundas das mais variadas esferas da sociedade, utilizando, necessariamente, *instrumentos* matemáticos para auxiliá-los.

---

<sup>93</sup> Formação continuada de professores em suas próprias práticas quer dizer que os professores aprendem enquanto vão criando e modificando suas próprias práticas. Não precisam necessariamente participar de um curso de formação continuada para estarem aprendendo. Eles próprios tomam a realidade contraditória como ponto de partida e promovem *ações* com vistas a modificarem suas *práxis*, promovendo, assim, saltos qualitativos em sua própria formação docente.

<sup>94</sup> Aqui, *espaço formativo* pode ser entendido como algo além de um lugar físico. Um ambiente que produz um contexto propício à formação, uma estratégia de formação que deve conter os mais variados *instrumentos*, incluindo *instrumentos* subjetivos e simbólicos, nos quais os *sujeitos* dirigem suas *ações* orientadas pelos *objetivos* de formação, que incluem o compartilhamento de conhecimentos em prol da formação profissional dos futuros engenheiros, constituindo, assim, um sistema de *atividades* cujo *objeto* compartilhado deve incluir as questões-problema a serem entendidas/solucionadas e os futuros engenheiros (estudantes).

Cabe aqui uma ressalva: como as *atividades* de Modelagem Matemática, nesta investigação são concebidas como *espaços formativos* em instituições de ensino<sup>95</sup>, não podemos desconsiderar que esses espaços perpassam por formas cotidianas de atitudes e *ações* práticas dos professores em exercício de seu trabalho; como não podemos considerar o trabalho do professor sem levar em conta o(s) *objeto(s)* de sua *atividade*, também devemos levar em conta que tais *atividade* perpassam por horizontes, historicamente e culturalmente elaborados, de formas cotidianas de atitudes e *ações* práticas dos alunos em exercício de suas atribuições como estudantes, considerando-se, então, *objeto* de sua própria *atividade* de formação escolar institucionalizada.

Ainda por considerar que o trabalho do professor consiste em auxiliar, acompanhar, orientar e ajudar os estudantes a engajarem e participarem do processo de formação e constituição da própria cidadania, em termos da aquisição de conhecimentos necessários para plena participação social, entendo que o trabalho do professor somente se realiza, em sua plenitude, mediante o engajamento dos alunos, pois, para um *sujeito* auxiliar e/ou acompanhar e/ou orientar e/ou ajudar outro *sujeito*, torna-se necessário que esse outro direcione *ações* no mesmo sentido, orientadas pelo mesmo fim. Nisso, não entendo que possa haver ensino sem aprendizagem. Por esse motivo que entendo as *atividades* de Modelagem Matemática como *espaços formativos* naturalmente imersos em *espaços formativos* institucionalizados mais amplos – escolas e universidades.

Dessa forma, podemos atribuir às *atividade* de Modelagem Matemática, em contextos formativos, a necessidade de formação de estudantes para se tornarem *sujeitos* plenamente conscientes, autônomos e livres, mediante a aquisição da capacidade de agir em situações problemáticas, utilizando os conhecimentos construídos pelo homem em sua historicidade, dentre estes, a Matemática – no contexto da presente pesquisa, mais especificamente, o Cálculo.

Contudo, não somente estudantes podem estar em processo de formação ao participarem deste tipo de *atividade*, mas também os professores, ao se depararem com questões-problema não oriundas de sua área de formação (a Matemática), podem ser agraciados com transformações em seus próprios horizontes de *ações* cotidianas e de práticas de trabalho. Acredito ainda que os professores, ao modificarem suas práticas cotidianas de trabalho, incluindo *atividade* de modelagem Matemática, acabam por possibilitar um

---

<sup>95</sup> Nesta pesquisa, em uma universidade que se destina à formação de engenheiros.

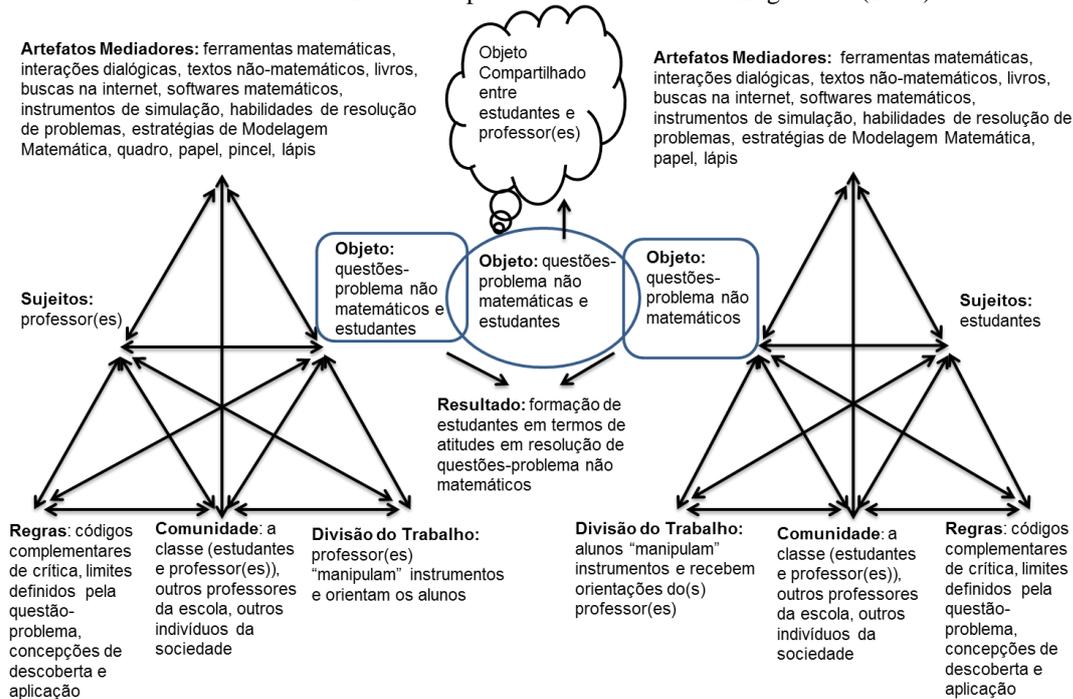
movimento de transformações qualitativas em sua própria formação docente, ainda que este não seja, necessariamente, o *objeto* principal que oriente tal modificação.

Engeström (2002) enfatiza que os *contextos da descoberta*, da *aplicação prática* e da *crítica*, ao serem assumidos, podem provocar transformações no *objeto* da *atividade* escolar, tornando-o novo e expandido. Sendo assim, as *atividades* de Modelagem Matemática, como um espaço formativo alternativo, no qual alunos e professores tem a oportunidade de elaborar e implementar um novo modo de fazer e participar do trabalho de ensino-aprendizagem, constituem um contexto propício para ampliar as possibilidades para aprendizagens expansivas. O *objeto* da *atividade* escolar tradicional é transformado, delegando aos textos escolares o papel de *instrumentos* e elegendo as questões-problema não matemáticas como um novo e expandido *objeto* da *atividade*, além de ser remetido aos *contextos da descoberta*, da *aplicação* e da *crítica*. Além disso, os estudantes, inicialmente remetidos ao posto de *sujeitos* da *atividade* escolar de aprendizagem, passam a configurar, adicionalmente, ao *objeto* não apenas da *atividade* do professor (ensino), mas, sobretudo, de sua própria *atividade* (aprendizagem), estando, assim, engajados na *atividade* de ensino-aprendizagem que objetiva sua própria formação mediante tal participação nas *atividades* de Modelagem Matemática.

Dessa forma, as *atividades* de Modelagem Matemática em cursos de Engenharia podem se configurar, teoricamente, mediante representação “triangular” elaborada por Engeström (1987), como *sistemas de atividade* de ensino-aprendizagem da seguinte forma.

FIGURA 5 – Os interdependentes sistemas de *atividade* de estudantes e professor(es) engajados em *atividades* (escolares) de Modelagem Matemática

Fonte: Elaborado pela autora com base em Engeström (2008).



No desenvolvimento das *ações* que necessitam ocorrer para que as questões-problema sejam entendidas, resolvidas e solucionadas pelos participantes da *atividade*, pode ocorrer de algum *instrumento* ter de ser construído pelos participantes, como, por exemplo, alguma *ferramenta matemática*. Neste caso, o professor tem o papel fundamental de orientar os alunos nessa construção, que, muitas vezes, já faz parte do conhecimento do professor.

Contudo, em *atividades* de Modelagem Matemática em cursos de Engenharia, contexto desta investigação, pode acontecer (e muitas vezes acontece) de as *ferramentas matemáticas* necessárias para o entendimento e/ou resolução da questão-problema não estarem ao alcance "direto" de alunos e professores. Nesse caso, abre-se um horizonte de possibilidades de aprendizagem que pode, também, constituir a *formação continuada* desses professores engajados na formação matemática dos engenheiros. Além disso, caso o professor esteja engajado nesse direcionamento, podemos, inclusive, posicionar como *objeto* de sua *atividade*, sua própria *formação continuada* em termos da construção coletiva de novas ferramentas matemáticas, o que pode levar à necessidade de novas pesquisas na área de Matemática.

Ao assumir as *atividades* de Modelagem Matemática como sendo um *espaço formativo*, sendo possível sua construção dentro ou fora da sala de aula, entendo que aos *sujeitos* engajados em tais *atividade* é oferecida uma possibilidade de ampliação gradual do *objeto* e do contexto da aprendizagem. Além disso, tal *espaço formativo* alternativo pode

possibilitar transformações no sentido de os *sujeitos* estarem aprendendo novas formas de *atividade* direcionadas à sua própria formação. Como *corpus* de análise para a presente pesquisa, baseio-me em *atividades* desenvolvidas por um Grupo de Estudos e Pesquisa em Modelagem Matemática, em um contexto de formação em Engenharias, que realiza suas *ações* fora da sala de aula tradicional, tanto de disciplinas de Cálculo, quanto de disciplinas “técnicas”, composto por alunos e professores de diversos cursos de Engenharia, sob a orientação da seguinte pergunta diretriz:

***Quais aprendizagens expansivas podem ser evidenciadas pelas e nas atividades desenvolvidas por um Grupo de Estudos e Pesquisa em Modelagem Matemática (GEPMM) em um contexto de formação em Engenharias?***

Como possíveis desdobramentos dessa pergunta, estarão:

- a) *o que motivou a participação dos docentes e discentes no GEPMM?*
- b) *Quais contradições ou conflitos estiveram presentes nas atividades do GEPMM? De que forma tais contradições foram exploradas?*
- c) *Como os instrumentos que permearam os sistemas de atividade do GEPMM se relacionam aos sujeitos e aos objetos?*

## **2.6 Abertura de caixas-pretas como ações estratégicas com vistas às possibilidades de aprendizagens expansivas relacionadas às transformações do objeto de uma atividade de Modelagem Matemática**

[...] nossa entrada no mundo da ciência e da tecnologia será pela porta de trás, a da ciência em construção, e não pela entrada mais grandiosa da ciência acabada (LATOUR, 2000, p. 17).

No capítulo 1 pontuei que, segundo Engeström (2002), um contexto propício para possibilitar aprendizagens expansivas estaria ancorado pelo “tripé” formado pelos *contextos da descoberta*, caracterizado pelo método da ascensão do abstrato ao concreto proposto por Davydov, *da reprodução prática*, proposto por Jean Lave, e *da crítica*, proposto por Engeström (2002). Com base em tal contexto, as *atividades* de Modelagem Matemática seriam consideradas como *espaços formativos* nos quais os *sujeitos* engajados direcionariam suas *ações* com vistas ao entendimento de questões-problema não matemáticas, utilizando,

necessariamente, *instrumentos* matemáticos para auxiliar a resolução/entendimento. Com isso, o *objeto* dos sistemas de *atividade* seria composto pelas questões-problema não matemáticas e pelos estudantes em formação. Mas, como poderíamos caracterizar os instrumentos matemáticos necessários no desenvolvimento da referida *atividade*? Sob quais “formas” tais *instrumentos* poderiam estar configurados? Quais *ações* seriam possibilitadas por tais instrumentos? De que forma tais *instrumentos* se relacionam aos demais *instrumentos* da *atividade*?

Segundo Skovsmose (2007, p. 113), a noção de Matemática tem se movido em muitas direções. Para ele, a terminologia *matemática* poderia estar referida “à matemática pura, à aplicada, à matemática da engenharia, às técnicas matemáticas imersas na cultura, à matemática das ruas, aos cálculos de todo tipo”. Afirma ainda que a Matemática está em toda parte, assim como os computadores, e considera o desenvolvimento dos computadores como um desenvolvimento tecnológico, que pode ser encarado como a materialização de *insights* e técnicas. Conclui que Matemática e Computação são atividades inter-relacionadas. Skovsmose (2007) considera a tecnologia de maneira ampla, que inclui não somente sua “maquinaria”, mas também sua organização, o conhecimento dos procedimentos de produção e aqueles para o projeto e para a tomada de decisão.

Ao discorrer sobre a (denominada por ele) teoria da representação da modelagem matemática, Skovsmose (2007) pontua que o enfoque frequentemente dado a esse tipo de empreendimento se concentra na verificação e na exatidão do modelo a ser usado em tal representação, enquanto o enfoque nos contextos (realidade social) e nas possíveis consequências do processo de modelar é deixado de lado. As discussões da modelagem matemática, como teoria da representação, focadas apenas na qualidade da representação, para o autor, estabelecem uma obstrução organizada da própria *atividade* de modelagem. E sugere que a questão mais importante no que tange os empreendimentos de modelagem matemática pode ser designada pela seguinte pergunta: “o que a matemática em ação inclui?” (SKOVSMOSE, 2007, p. 115). Sob a ótica da Teoria da Atividade, esse questionamento poderia ser, a meu ver, melhor representado pela seguinte pergunta: *quais e como se configuram as ações possibilitadas pelas ferramentas matemáticas em uma determinada atividade de modelagem?* Observe que aqui as *ações* se referem aos processos subordinados às metas individuais ou objetivos parciais da *atividade*. Sendo assim, a matemática é encarada como um poderoso *instrumento* que pode auxiliar o entendimento de questões concernentes às realidades não matemáticas. Skovsmose (2007) questiona ainda: quem constrói os modelos? Que aspectos da realidade estão neles incluídos? Quem tem acesso aos modelos? Os modelos

são “confiáveis”? Quem está apto a controlá-los? Em que sentido é possível falsificar um modelo? E conclui que se tais questões não forem adequadamente esclarecidas, valores tradicionais da democracia podem ser corroídos.

Ao falar de matemática em ação, Skovsmose (2007) se concentra em visualizar como as concepções matemáticas são projetadas na realidade. Para ele, “quando usamos a matemática como uma base para projeto tecnológico criamos uma ferramenta tecnológica que tem, de algum modo, sido conceitualizada por meio da matemática” (p. 123). Observe que, para a Teoria da Atividade, os usos das ferramentas tecnológicas, na situação de artefatos mediadores das relações possivelmente estabelecidas e implementadas pelos *sujeitos* orientados ao *objeto*, estão condicionados aos *motivos* da *atividade*, relacionados às necessidades humanas.

Com vistas ao desenvolvimento de *atividades* de Modelagem, podem estar incluídas *ações* que se referem à identificação e análise de situações hipotéticas, sendo que a Matemática auxilia esse processo, fornecendo subsídios instrumentais, possibilitando representações de algo ainda não compreendido; portanto, permite simular alternativas tecnológicas para uma dada situação. Sendo assim:

A matemática dá uma forma de liberdade tecnológica, abrindo um espaço para situações hipotéticas. Neste sentido, a matemática se torna um percurso para a *imaginação tecnológica* e, portanto, para o planejamento de processos tecnológicos que incluem projeto-ação com base matemática. [...] O espaço aberto pela imaginação tecnológica poderia muito bem conter situações hipotéticas que não são acessíveis ao senso comum. Um quadro matemático nos dá novas alternativas (SKOVSMOSE, 2007, p. 123, grifo do autor).

Skovsmose (2007) pontua três aspectos considerados por ele como relevantes no que diz respeito à matemática em ação: primeiro, considera que, por meio da Matemática, é possível estabelecer um espaço de situações hipotéticas na forma de alternativas (tecnológicas) (para uma situação presente); segundo, considera que, por meio da Matemática, é possível investigar detalhes particulares de uma situação hipotética, embora a Matemática também cause severas limitações para tal raciocínio hipotético; e, por último, a Matemática embasa a modulação e a constituição de uma ampla variedade de fenômenos sociais e, desse modo, ela se torna parte da realidade. Com o advento da cibernética, observa-se que muita tecnologia da informação se materializa em “pacotes” que podem operar conjuntamente com outros pacotes; eles contêm a matemática como um ingrediente definidor, uma base comum.

Os *instrumentos* matemáticos constituem uma variedade de recursos existentes na sociedade atual, perfazendo *ferramentas e signos* materializados externamente aos *sujeitos*

(linguagem escrita, falada, figuras, técnicas, *softwares*, fórmulas, modelos, equações, entre vários outros) e/ou internamente aos *sujeitos* (ferramentas mentais, abstrações, representações, processos psicológicos, memória etc.).

Para compreender a matemática em ação, Skovsmose (2007) considera a *Matemática* como uma *linguagem*, refletindo sobre o que poderia ser feito por essa linguagem particular. Além disso, nos conduz à seguinte reflexão: que visões de mundo podem ser discursivamente constituídas por meio da Matemática?

Se a Matemática está em todo lugar – se não em cena, atrás da cena –, espera-se que toda vez que alguém usa, de qualquer maneira, um computador, ele está usando, mesmo que sem consciência disso, inúmeros dispositivos que somente foram elaborados e construídos mediante consideráveis avanços de lógicas, técnicas e resultados matemáticos. A própria álgebra booleana<sup>96</sup>, que permeia todos os processos cibernéticos, é oriunda de conceitos e resultados matemáticos. Dessa forma, pensar processos educativos em pleno século XXI que se propõem possibilitar aos aprendizes uma visão e atuação crítica nessa sociedade “cheia de tecnologias” ao seu alcance, deve, necessariamente, levar em conta o domínio do entendimento “descortinado” de todos os constructos *instrumentais* e seus respectivos usos em diversas práticas sociais, que vão muito além de capacidades de leitura, escrita e contagem.

Ubiratan D’Ambrósio, no final dos anos 90, propôs um currículo<sup>97</sup> baseado no tripé *literacia*, *materacia* e *tecnoracia*, buscando abarcar uma concepção de educação que atenda às exigências da sociedade em cada momento histórico. Para ele, isso difere, e muito, do paradigma curricular que foca na importância acadêmica de cada disciplina escolar. Nas palavras do autor:

*Literacia* é a capacidade de processar informações escrita e falada, o que inclui leitura, escrita, escritura, cálculo, diálogo, ecálogo, mídia, internet na vida cotidiana (instrumentos comunicativos);

*Materacia* é a capacidade de interpretar e analisar sinais e códigos, de propor e utilizar modelos e simulações na vida cotidiana, de elaborar abstrações sobre representações do real (instrumentos intelectuais);

*Tecnoracia* é a capacidade de usar e combinar instrumentos, simples ou complexos, inclusive o próprio corpo, avaliando suas possibilidades e limitações e a sua adequação a necessidades e situações diversas (instrumentos materiais)<sup>98</sup> (D’AMBRÓSIO, 2005, p. 119).

<sup>96</sup> Booleana se refere à Álgebra elaborada por George Boole, matemático inglês, que concluiu seus trabalhos sobre tal teoria em meados do século XIX.

<sup>97</sup> O autor define currículo de uma forma muito abrangente: “a estratégia da ação educativa” (D’AMBRÓSIO, 2005, p. 118).

<sup>98</sup> Em inglês *Literacy*, *matheracy* e *technoracy*. Existem outras traduções para *Literacy*, como, por exemplo, letramento, contudo não portam a mesma definição. O letramento estaria mais relacionado com a *matheracy*,

Na sociedade atual, as capacidades requeridas aos *sujeitos* abarcam usos e visão crítica de *instrumentos* de comunicação, intelectuais e materiais. Com isso, é extremamente necessário adaptar as práticas escolares para dar conta dessas prioridades. A Modelagem Matemática, por se tratar de uma *atividade* que busca a resolução de questões-problema de realidades não matemáticas, pode se configurar como um importante *espaço formativo* direcionado por essa concepção de educação proposta por D’Ambrósio, conforme explicitado anteriormente.

Para Skovsmose (2001, p. 89), “o conhecimento reflexivo tem como seu objeto o uso da matemática, e, portanto, torna-se importante sair da catedral do conhecimento formal para se ter uma visão mais geral dessa construção”. Além disso, tal autor faz distinção entre três tipos de conhecer que podem orientar a educação matemática:

- 1) *Conhecer matemático*, que se refere à competência normalmente entendida como habilidades matemáticas, incluindo-se competências na reprodução de teoremas e provas, bem como ao domínio de uma variedade de algoritmos – essa competência está focada na educação matemática tradicional, e sua importância tem sido especialmente enfatizada pelo movimento estruturalista ou pela “nova matemática”.
- 2) *Conhecer tecnológico*, que se refere às habilidades em aplicar a matemática e às competências na construção de modelos. A importância do conhecer tecnológico tem sido enfatizada pela tendência dirigida para aplicações na educação matemática, que afirma que, até mesmo se os estudantes aprendem matemática, nenhuma garantia existe de que a competência desenvolvida é suficiente quando se trata de situações de aplicação. Mais do que a matemática pura, tem de ser dominado a fim de se poder aplicar a matemática. [...]
- 3) *Conhecer reflexivo*, que se refere à competência de refletir sobre o uso da matemática e avaliá-lo. Reflexões têm a ver com avaliações das consequências do empreendimento tecnológico (SKOVSMOSE, 2001, p. 115 e 116).

Skovsmose (2001) aponta que as habilidades relacionadas ao conhecer tecnológico podem ser consideradas como uma competência extra, denominando-a por competência tecnológica. E esclarece que, de maneira geral, é caracterizada pelo entendimento necessário que possibilita o uso de uma ferramenta tecnológica visando a alcançar alguns objetivos tecnológicos.

Além de objetivar a promoção do *conhecer reflexivo*, a *educação matemática crítica* busca por uma educação em que haja igualdade entre os *sujeitos* a um nível de parceria, fundando-se nas ideias da “pedagogia emancipadora”, de Paulo Freire (1987); delimita-se, assim, um primeiro ponto-chave dessa concepção de educação – “envolvimento

---

estando focado apenas na língua oficial do Brasil, o português. No campo do letramento, podemos encontrar conceitos próximos à *matheracy*, por exemplo, o numeramento. Já o termo *technoracy* está relacionado ao *technological literacy*, o que poderia ser traduzido por letramento tecnológico.

dos estudantes no controle do processo educacional” (SKOVSMOSE, 2001, p. 18). Um segundo ponto-chave dessa concepção é a “consideração crítica de conteúdos [...] ambos, estudantes e professor, devem estabelecer uma *distância crítica* do conteúdo da educação” (SKOVSMOSE, 2001, p. 18, grifo meu). O terceiro e último ponto-chave dessa concepção é o direcionamento do processo de ensino-aprendizagem a problemas existentes fora do contexto educacional. Considerando os três pontos-chave em uma concepção de educação crítica, o autor coloca que o *engajamento crítico* deve fazer parte do processo. Citando John Dewey, Skovsmose (2007) pontua que o método experimental pode assegurar um novo suporte pedagógico, com vistas ao desenvolvimento democrático.

Buscando possibilitar aprendizagens expansivas como transformações no *objeto* da *atividade* de Modelagem, uma possível estratégia a ser considerada pode ser elencar *ações* que objetivem a abertura de *caixas-pretas*. Essa terminologia foi trazida da “sociologia da ciência” por Bruno Latour, em sua obra *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*, devido ao entendimento de que vários conhecimentos amplamente difundidos nos currículos escolares, nas ementas das disciplinas, partem de resultados científicos frequentemente considerados como inquestionáveis e/ou verdades absolutas. Latour (2000) traz a noção de *caixa-preta* como sendo uma expressão usada em cibernética sempre que uma máquina ou um conjunto de comandos se revela complexo demais: “em seu lugar, é desenhada uma caixinha preta, a respeito da qual não é preciso saber nada, senão o que nela entra e o que dela sai” (LATOURE, 2000, p. 14).

Dessa forma, uma *caixa-preta* pode ser entendida como um aparato/objeto (conceito, fato, técnica, equação, lei, teoria, modelo, equipamento, aparelho, máquina, entre outras possibilidades), oriundo de resultado de pesquisa científica, no qual é atribuído um grau inquestionável de verdade, sendo que sua existência somente se justifica devido as suas associações com outros aparatos/objetos (que também podem ser *caixas-pretas*) e seus respectivos usos sociais.

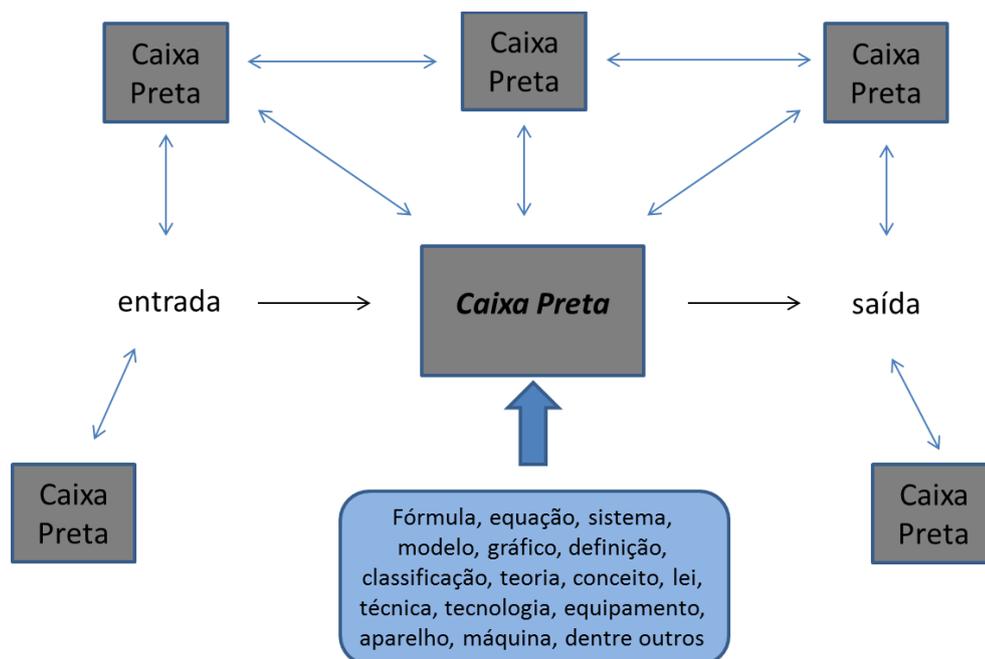
O trabalho científico está condicionado à abertura e ao fechamento de *caixas-pretas*. Um cientista, ao se deparar com possibilidades de investigar certo fenômeno X, busca todas as “verdades” que outros cientistas já estabeleceram sobre esse fenômeno. Quando as encontra, pode questioná-las ou aceitá-las. Suponha que o cientista resolva questionar uma *caixa-preta* P, encontrada por ele no processo de investigação do fenômeno X. Para isso, é necessário que ele utilize outros *instrumentos* (incluindo até mesmo outras *caixas-pretas*) que objetivem a abertura dessa *caixa-preta*. Após a abertura, ele começa a relacionar essa *caixa-preta* P com outras proposições a respeito do fenômeno X, podendo alterar P ou apenas

reafirmar a “verdade” contida em P. De qualquer forma, o cientista abre e fecha P em certo momento de sua *atividade* científica. Portanto, qualquer *caixa-preta* pode ser aberta, reafirmada ou modificada, ou ainda apenas utilizada pelos cientistas.

Na vida cotidiana, nos deparamos com as mais variadas *caixas-pretas*. Um relógio, por exemplo, é uma delas: sabemos que se o alimentarmos com bateria e cedermos a ele uma regulação com a hora oficial (entrada), ele sempre nos fornecerá as horas (saída); no entanto, normalmente, não sabemos quais os processos ocorrem dentro dessa *caixa-preta*. Uma fórmula matemática pode ser outro exemplo de *caixa-preta*: se tomarmos, por exemplo, a fórmula de cálculo dos juros compostos  $C_n = C_0(1 + i)^n$ , sabe-se que se forem fornecidos o capital inicial ( $C_0$ ), a taxa de juros ( $i$ ) e o tempo ( $n$ ) (entradas), a fórmula fornecerá qual a quantia ( $C_n$ ) (saída) terá depois desse tempo; no entanto, o que está por trás dessa fórmula e qual é a veracidade dela o usuário pode não ter conhecimento.

Assim, de forma representativa, podemos visualizar as *caixas-pretas* da seguinte forma:

FIGURA 6 – Visualização da *caixa-preta* e suas possíveis associações a outras *caixas-pretas*  
Fonte: Elaborada pela autora com base em Latour (2000).



Observe que as *caixas-pretas* não se restringem apenas às variáveis de entrada e saída, mas, sobretudo, ao relacionamento que cada uma delas pode estabelecer com outras várias *caixas-pretas*. Em um único equipamento, um computador, por exemplo, existem várias *caixas-pretas* em seu “interior”, ou seja, uma *caixa-preta* contendo várias *caixas-pretas* que se relacionam internamente.

Mas, porque *ações* orientadas pela abertura das *caixas-pretas* podem ser úteis para possibilitar aprendizagens expansivas em um contexto de formação em Engenharias? Uma boa explicação pode ser encontrada na seguinte reflexão proposta por Latour (2000), como segue:

[...] muitos jovens entraram no mundo da ciência, mas se tornaram cientistas e engenheiros; o que eles fizeram está visível nas máquinas que usamos, nos livros pelos quais aprendemos, nos comprimidos que tomamos, nas paisagens que olhamos, nos satélites que cintilam no céu noturno sobre nossas cabeças. Como fizeram, não o sabemos. [...] quase ninguém está interessado no processo de construção da ciência. [...] Os fatos e artefatos que esta produz caem sobre suas cabeças como um fado externo tão estranho, desumano e imprevisível quanto o *Fatum* dos antigos romanos (LATOUR, 2000, p. 33-34).

A grande questão aqui estampada consiste no entendimento de que os conteúdos escolares perpassam pelos resultados científicos muitas vezes relacionados a generalizações e conceituações que, num primeiro momento, podem parecer “estranhas” aos aprendizes. Essa “estranheza” pode muito bem ser anulada ou minimizada na medida em que os aprendizes consigam adentrar para tais entes, entendendo seu processo histórico de construção e, mais do que isso, percebendo que todo processo construtivo humano consiste na materialização das necessidades sociais e culturais em cada tempo histórico de seu desenvolvimento.

A concepção de educação para desenvolvimento da cidadania, emancipação e liberdade, está motivada pelas possibilidades e usos de conhecimentos em práticas sociais. Nelas, os *sujeitos* engajados carregam consigo as mais diversas experiências vividas anteriormente, em diversos contextos sociais, dentre estes, os espaços escolares. É na escola que os resultados da ciência são *recontextualizados* e assumem postos de conteúdos a serem desenvolvidos nas práticas que ali ocorrem. A abertura de *caixas-pretas* se torna, portanto, imprescindível para se alcançar uma formação libertária, emancipada e cidadã nos dias atuais.

Mas quem decide quais *caixas-pretas* devem ser abertas, já que não podem ser todas? Acredito que tal decisão deva emergir da coletividade de aprendizes engajados em cada frente de formação, pautados pelas demandas impostas pela sociedade em cada momento de sua historicidade, num contínuo processo de diálogo e orquestração.

Ao considerarmos o contexto institucional de formação de engenheiros, foco dessa pesquisa, podemos afirmar que os *sujeitos* partícipes desse contexto têm amplo acesso aos mais variados aparatos/objetos que podem ser entendidos como *caixas-pretas*. Em *atividade* de Modelagem Matemática, sendo aqui considerada como um *espaço formativo* que se configura como um contexto propício para possibilitar aprendizagens expansivas, por estar

baseado no *contexto da crítica*, proposto por Engeström (2002), entende-se, portanto, que tais *caixas-pretas* devam ser abertas, questionadas e, se possível ou necessário, alteradas ou modificadas. Isso deve fazer parte da formação de engenheiros que pretendem dar conta da complexidade e da magnitude do trabalho que os aguarda nas mais variadas esferas da sociedade atual.

*Atividades* de Modelagem Matemática podem, assim, constituir espaços formativos que possibilitem a abertura de *caixas-pretas*, devido à postura investigativa que pode ser instigada e cultivada nesse contexto. Para tal, os engajados nesse processo são orientados pelo questionamento e, conseqüentemente, pela modificação de “verdades” ou certezas científicas contidas em fatos aceitos e, até então, inquestionáveis, que compõem cada *caixa-preta*. Dessa forma, muitos fatos e enunciados sociais amplamente aceitos e difundidos podem ser alterados nas e pelas *atividades* de Modelagem Matemática. Mais do que isso, a abertura de *caixas-pretas* pode se revelar como estratégia de formação na qual os *sujeitos* são instigados, após a abertura e possível confirmação da “verdade” contida na *caixa-preta*, não somente a aceitação e a reprodução de tais certezas científicas, mas, sobretudo, à tomada de tais certezas como base (entrada) para a elaboração de outras certezas ou empreendimentos, cumprindo, assim, a formação no que tange à produção criativa, à inovação e ao empreendedorismo.

As estratégicas *ações* com vistas à abertura de *caixas-pretas* num contexto de formação em Engenharias correspondem a mudanças qualitativas nos *objetos* da *atividade* de Modelagem Matemática: a questão-problema que, por vezes, configura como *objeto* da *atividade* de Modelagem Matemática, pode ser considerada, num primeiro momento, como uma *caixa-preta*, na qual as *ações* devem ser direcionadas visando a sua abertura. Transformações qualitativas do *objeto* da *atividade* devem ser consideradas como aprendizagens expansivas, segundo Engeström e Sannino (2010b).

Para concluir este capítulo, entendo que uma *caixa-preta*, na verdade, nunca é totalmente preta e nem totalmente branca. Caso existisse caixa pretas totalmente cinzas ou totalmente brancas, estaríamos reforçando a ideologia das verdades “absolutas” e inquestionáveis, assim como o contrário. A variação de cores permitida entre o preto e o branco configura, como pertencente à categoria dos infinitos tons de cinza. Suponha um intervalo aberto entre zero e um. A uma *caixa-preta* qualquer seria atribuído um valor mais próximo de um do que de zero, isto é, um tom de cinza mais escuro. Com a realização das *ações* expostas anteriormente, a *caixa-preta* tende a “clarear-se” (ou não), sendo, então, atribuído um valor menor (ou maior) do que o anteriormente atribuído, resultando em um tom

de cinza mais claro do que o anterior. Tal clarificação pode ser entendida como um movimento do escuro para o claro, da atuação “cega” para a “nítida” em termos das questões a serem “esclarecidas” por uma determinada *atividade* de Modelagem Matemática. Ao considerarmos os *sujeitos* como *objetos* da própria *atividade* formativa, o esclarecimento, parte inerente da subjetividade dos *sujeitos* engajados em tal espaço em inter-relação ao *objeto* da *atividade* (questão-problema a ser esclarecida), pode atingir um grau de magnitude compatível com a participação, resultado da própria experiência na prática social, tendendo a qualitativas modificações na *agency* e nas interações dos *sujeitos* na referida *atividade*.

No próximo capítulo, apresento os procedimentos utilizados e a metodologia assumida no desenvolvimento da pesquisa relatada nesta tese.

### 3 METODOLOGIA DE PESQUISA E PROCEDIMENTOS

Neste capítulo, apresento a abordagem teórico-metodológica de construção<sup>99</sup> e análise dos dados, o contexto em que esta pesquisa está inserida, bem como os procedimentos metodológicos que foram adotados para a construção e análise desses dados.

#### 3.1 Por que a abordagem é qualitativa?

Esta pesquisa está inserida na área da Educação Matemática, localizada na área de Ciências Humanas, que engloba questões relacionadas aos objetos de estudo da Educação, da Matemática e da própria Educação Matemática. Esses campos de pesquisa, embora compartilhem de práticas sociais, que na maioria das vezes estão localizadas dentro das instituições educacionais, possuem interesses distintos, em termos de pesquisa. Mas, como um sujeito (neste caso, eu, professora de Cálculo em cursos de Engenharia) que passou grande parte da vida trabalhando com Ciências Exatas pode se encorajar a desenvolver uma pesquisa na área das Ciências Humanas? A resposta para essa pergunta pode ser encontrada no posicionamento de Araújo e Borba (2006):

E quando um professor (de Matemática) se dispõe a realizar uma pesquisa na área de Educação (Matemática), talvez seja porque ele vem problematizando sua prática, o que poderá levá-lo a se dedicar com afinco ao desenvolvimento de uma pesquisa originada desta problematização, e, para isso, é preciso que ele sintetize suas inquietações iniciais em uma (primeira) pergunta diretriz (ARAÚJO; BORBA, 2006, p. 30).

Foi exatamente problematizando minha própria *atividade* docente que busquei pelo entendimento de questões relacionadas ao ensino de Cálculo em cursos de Engenharia; inicialmente, a primeira pergunta diretriz que norteou a presente pesquisa foi: *de que forma a Modelagem Matemática, aliada a recursos computacionais, pode melhor inter-relacionar a*

---

<sup>99</sup> Não uso o termo *coleta de dados* por entender que o papel do pesquisador pode se configurar como aquele que *constrói dados* para a pesquisa que se propõe desenvolver. Os dados não podem ser coletados pelo simples motivo de eles, por vezes, nem sequer existirem. Só pode ser coletado o que existe. O verbo coletar pode ser sinônimo de juntar ou reunir algum objeto ou coisa. Quando se utiliza esse verbo em pesquisas, no sentido de juntar ou reunir dados, uma pressuposição de que já existam os dados a serem reunidos ou juntados é considerada. Contudo, essa pressuposição pode assumir caráter falso, quando o pesquisador vê-se em faces de construir os dados que necessita, visando buscar entendimento para a questão que se propõe investigar.

*disciplina de Equações Diferenciais Ordinárias às demais disciplinas “técnicas” dos cursos de Engenharia?*

Porém, ainda que Alves-Mazzotti (1999, p. 147) considere que “o foco da pesquisa, bem como as categorias teóricas e o próprio *design*<sup>100</sup> só deverão ser definidos no decorrer do processo de investigação”, ela defende que:

trabalhar de forma altamente indutiva, deixando que o *design* e a teoria emergam dos dados, é difícil até mesmo para pesquisadores mais experientes. Quanto menos experiente for o pesquisador, mais ele precisará de um planejamento cuidadoso, sob a pena de se perder num emaranhado de dados dos quais não conseguirá extrair qualquer significado (ALVES-MAZZOTTI, 1999, p. 148).

Refletindo acerca dos apontamentos de Alves-Mazzotti (1999), decidi tentar perceber o movimento do foco e do *design* da pesquisa aqui relatada, na tentativa de, mesmo que informalmente, que o planejamento da pesquisa fosse cuidadoso e, ao mesmo tempo, adotasse certo grau de flexibilidade. Nesse processo de co-construção de foco e *design* da pesquisa, acabei por delinear a seguinte pergunta diretriz: “quais aprendizagens expansivas podem ser evidenciadas pelas e nas atividades desenvolvidas por um Grupo de Estudos e Pesquisa em Modelagem Matemática (GEPMM) num contexto de formação em Engenharias?”

Conforme exposto no capítulo 1, a concepção de aprendizagem assumida na pesquisa faz parte do referencial teórico conhecido como Teoria Histórico Cultural da *Atividade*, na qual um dos seus cinco princípios afirma que a análise da *atividade* e dos componentes que a formam deve sempre ser tomada em sua historicidade: perceber o papel das contradições no movimento de uma *atividade* torna possível, também, a reconstituição de sua evolução e do desenvolvimento de suas práticas ao longo da história. Com isso, entendo que a abordagem metodológica *histórico-dialética*, que questiona fundamentalmente a visão estática da realidade, considerando o caráter dinâmico, contraditório e histórico dos fenômenos educativos, deve ser considerada nesta investigação. Essa abordagem metodológica considera que:

Aquilo que hoje se apresenta diante de nossos olhos é apenas uma síntese do processo histórico em transformação. Por isso, procura apresentar uma concepção unitária, coerente e orgânica do mundo, fazendo da crítica seu modelo

---

<sup>100</sup> “O termo ‘*design*’, no que se refere à pesquisa, tem sido traduzido como desenho ou planejamento. O *design* corresponde ao plano e às estratégias utilizadas pelo pesquisador para responder às questões propostas pelo estudo, incluindo os procedimentos e instrumentos de coleta, análise e interpretação dos dados, bem como a lógica que liga entre si diversos aspectos da pesquisa” (ALVES-MAZZOTTI, 1999, p. 147).

paradigmático; mesmo porque não há modelo teórico ou síntese, por melhor que seja, que dê conta da realidade (FIORENTINI; LORENZATO, 2009, p. 66).

Para tal abordagem, é preciso entender os conflitos dos interesses, além de desvendar as contradições que emergem da realidade, conforme preconizado pela Teoria da Atividade. Além disso, não basta compreender a realidade, é preciso também intervir nela, visando à emancipação (libertação) dos sujeitos (FIORENTINI; LORENZATO, 2009). O entendimento dos conflitos de interesses pode ser enquadrado na análise das *regras*, na constituição da *comunidade* e na *divisão do trabalho*, como referenciados no capítulo 2, segundo a Teoria da Atividade proposta por Engeström (1987). No sentido de não bastar compreender a realidade, mas, sobretudo, intervir nela, entende-se que o papel das *contradições*, segundo a Teoria da Atividade, assumido como constituinte da força motriz capaz de promover transformações expansivas na *atividade*, reafirma a necessidade de intervenções que podem estar relacionadas às possibilidades de emancipação e liberdade dos *sujeitos* partícipes.

Além disso, entendo que tal orientação metodológica coloca minha pesquisa em consonância com a abordagem qualitativa de investigação. Bogdan e Biklen (1994) utilizam a expressão *investigação qualitativa* como sendo um termo genérico no qual os dados construídos são ricos em pormenores descritivos relacionados a pessoas, locais e conversas, e o objetivo é investigar fenômenos em toda sua complexidade em um contexto real.

Tendo em vista se tratar de uma investigação de natureza qualitativa, torna-se pertinente analisar as suas características principais. Bogdan e Biklen (1994) apresentam-nos as cinco principais características da investigação qualitativa, que foram os princípios orientadores para esta pesquisa:

1. Na investigação qualitativa a fonte direta de dados<sup>101</sup> é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal;
2. A investigação qualitativa é descritiva;
3. Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos;
4. Os investigadores qualitativos tendem a analisar os seus dados de forma indutiva;
5. O significado é de importância vital na abordagem qualitativa.

Vale ressaltar que esses cinco princípios orientam, porém, não necessariamente, definem e, nem sequer, limitam o uso da abordagem qualitativa em investigações, como é o

---

<sup>101</sup> Conforme apontado no início deste capítulo, entendo que na investigação qualitativa os dados são construídos no ambiente natural que abriga o objeto da pesquisa.

caso desta tese. Assim, podemos definir que a pesquisa se inclui em uma abordagem qualitativa.

Para que as *atividades* escolares possam ser transformadas, expandidas, Engeström (2002) afirma que é necessário, antes de tudo, questionar radicalmente o sentido e o significado do contexto e, com isso, almejar a construção de um contexto alternativo mais amplo. As *ações* direcionadas para tal construção, segundo Engeström e Sannino (2010b), podem ser sistematizadas em um ciclo de aprendizagem expansiva, conforme explicitado no capítulo 2. Engeström (2002) sugere que toda e qualquer *atividade* escolar deveria ser preconizada por uma *crítica* meticulosa sobre seus conteúdos e procedimentos à luz de sua história. Para o autor, o *contexto da crítica* pressupõe possibilidades de resistência, questionamento, contradição e debate. Nele, os conteúdos e procedimentos são considerados sob a ótica da necessidade da coletividade afetada pela escolarização em termos históricos, culturais e sociais.

No tópico que segue, definirei o contexto e os participantes, assim como os instrumentos de construção e análise de dados.

### **3.2 Qual é o contexto e quem são os sujeitos?**

Para alcançar o objetivo da presente pesquisa, inicialmente busquei uma instituição de ensino que se ocupasse da formação de engenheiros. Essa instituição, por motivos logísticos, não poderia estar muito distante da cidade em que resido. Além disso, delimito que ela fosse mantida pelo poder público federal, pois nelas a maioria dos professores se dedica, exclusivamente, às atividades acadêmicas de ensino, pesquisa e extensão, o que torna esses sujeitos propícios ao engajamento como participantes da pesquisa, principalmente no que se refere à criação do Grupo de Estudos e Pesquisa em Modelagem Matemática.

Alves-Mazzotti (1999, p. 162) elucida diversas questões a respeito da escolha do campo onde serão construídos os dados, bem como a respectiva escolha dos sujeitos nele contidos:

Ao contrário do que ocorre com as pesquisas tradicionais, a escolha do campo onde serão colhidos os dados, bem como os participantes é proposital, isto é, o

pesquisador os escolhe em função das questões de interesse do estudo e também das condições de acesso e permanência no campo e disponibilidade dos sujeitos.

Sendo assim, a escolha da instituição também estava pautada pela facilidade de diálogo e entrosamento entre a pesquisadora e os docentes nela lotados, que se constituiu devido ao fato de a pesquisadora já ter sido docente na instituição escolhida, sendo assim, já tendo estabelecida uma relação de amizade e confiança entre seus pares. Outro fator que também foi levado em conta na escolha da instituição foi o fato de a instituição se dedicar exclusivamente à formação de engenheiros, perfazendo um total de nove cursos oferecidos<sup>102</sup>. Esse fator foi levado em conta pelo simples motivo de todos os *sujeitos*, supostamente, estarem focados em uma missão comum: “gerar, sistematizar, aplicar e difundir conhecimento, ampliando e aprofundando a formação de cidadãos e profissionais qualificados, e contribuir para o desenvolvimento sustentável do país, visando a melhoria da qualidade de vida” (ESTATUTO UNIFEI, 2003, p. 2).

Considerando que esta pesquisa busca analisar as possibilidades para aprendizagens expansivas evidenciadas nas e pelas *atividades* desenvolvidas por um Grupo de Estudos e Pesquisa em Modelagem Matemática, cujo *objeto* idealizado pode ser entendido como questões-problema não matemáticas e estudantes, os *sujeitos* que estivessem dispostos a engajarem em tal *sistema de atividade* poderiam se tornar participantes da pesquisa.

A instituição escolhida foi a Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) – *campus* Itabira. O *campus* expandido da Universidade Federal de Itajubá, em Itabira, foi criado em agosto de 2008, inaugurando três cursos de graduação destinados à formação de Engenheiros Eletricistas, de Materiais e de Computação. Na ocasião, apenas dez professores compunham o quadro de efetivos que lecionavam para cento e cinquenta alunos, sendo cinquenta de cada curso.

Depois de escolhida a instituição onde seria realizada a pesquisa, iniciei a ida ao campo. Primeiramente, em 16 de dezembro de 2011, reuni-me com o então diretor do *campus* para expor o interesse em construir os dados na UNIFEI e discutir os objetivos da pesquisa. Na ocasião, o diretor se mostrou entusiasmado com a pesquisa e sugeriu alguns nomes de professores que poderiam se interessar em participar. Além disso, ele disse que atividades de Modelagem Matemática, segundo seu próprio entendimento, se aproximavam bastante dos objetivos de uma abordagem metodológica que já tinha sido colocada em prática nos cursos da UNIFEI, porém sem sucesso. A abordagem a que ele se referia é o *Problem-Based*

---

<sup>102</sup> Engenharia de Computação, Elétrica, de Materiais, de Produção, de Controle e Automação, da Mobilidade, de Saúde e Segurança, Ambiental, Mecânica.

*Learning* (PBL), que foi traduzida para o português como Aprendizagem Baseada em Problemas. Filho e Ribeiro (2006) esclarecem que o PBL se originou na formação em Medicina e foi, posteriormente, empregado em outras formações profissionais, sendo que:

na formação profissional, a utilização do PBL deve necessariamente se adaptar às particularidades da área de conhecimento, aos atores (alunos e professores), à instituição, às diretrizes que regem a educação superior no país. Entretanto, algumas características do PBL devem ser contempladas para que um método possa ser reconhecido como tal. A característica mais importante no PBL é o fato de uma situação-problema sempre preceder a apresentação dos conceitos necessários para sua solução. Quer dizer, a principal característica que difere o PBL de outros métodos ativos, colaborativos, centrados nos alunos, no processo e da aprendizagem baseada em casos (CBL) é o emprego de problemas para iniciar, enfocar e motivar a aprendizagem de conteúdos específicos e para promover o desenvolvimento de habilidades e atitudes profissional e socialmente desejáveis (FILHO; RIBEIRO, 2006, p. 24).

A partir desse momento, percebi que *atividades* geradas pelo PBL realmente se aproximam metodologicamente de *atividades* de Modelagem Matemática em cursos de Engenharia.

Os *sujeitos* participantes da construção dos dados dessa pesquisa foram alunos e professores da UNIFEI- *campus* Itabira. No capítulo 4, o contexto e *sujeitos* que participaram desta pesquisa serão apresentados com mais detalhes.

Na próxima seção, mostrarei os instrumentos que foram usados para a construção e análise dos dados.

### **3.3 Quais foram os procedimentos de construção dos dados?**

Para uma pesquisa qualitativa, destaca-se a importância da utilização de diferentes procedimentos para a construção dos dados, o que se denomina triangulação que, em uma pesquisa qualitativa, consiste na utilização de vários e distintos procedimentos para obtenção de dados (ALVES-MAZZOTTI, 1999).

Visando realizar uma triangulação, os procedimentos de construção e obtenção de dados foram os seguintes.

#### **3.3.1 A constituição do GEPMM e observação participante em suas atividades**

Inicialmente, visando à criação do GEPMM, convidei alunos e professores dos cursos de Engenharia da UNIFEI-Itabira. O convite foi efetuado em 25 de outubro de 2012, na ocasião em que uma palestra intitulada “Modelagem Matemática e Aprendizagem Baseada em Problemas: convergências possíveis” foi proferida por mim com o objetivo de suscitar o interesse de alunos e professores em participar do grupo. Além da palestra, o convite para a participação no grupo foi postado na página da UNIFEI-Itabira – da rede social *Facebook*<sup>103</sup>.

Foram realizadas entrevistas com os docentes e discentes que participaram do GEPMM; todas as discussões que aconteceram durante os encontros foram documentados por meio de gravações em áudio e vídeo, além das notas de campo no diário de pesquisa (FLICK, 2009), com o objetivo de tentar visualizar possíveis aprendizagens expansivas que emergiriam dos sistemas de *atividade* do GEPMM. No referido projeto, a atuação da pesquisadora se constitui como uma observação participante.

Segundo Flick (2009), a observação consiste em uma habilidade cotidiana metodologicamente sistematizada e aplicada em pesquisas qualitativas e a observação pode se caracterizar como participante ou não participante. A observação participante é uma das formas mais comumente utilizada em pesquisas qualitativas, podendo ser definida como “uma estratégia de campo que combina, simultaneamente, a análise de documentos, a entrevista de respondentes e informantes, a participação e a observação diretas e introspecção” (DENZIN, 1989, p. 157-158 apud FLICK, 2009, p. 207).

Na observação participante, o pesquisador deve, cada vez mais, obter acesso ao campo e às pessoas, tornar-se um participante das práticas sociais observadas e, além disso, a observação deve passar por um processo para se tornar cada vez mais concentrada nos aspectos essenciais às questões da pesquisa (FLICK, 2009, p. 208).

A observação participante pode ser descrita por Spradley (1980) por meio das seguintes três fases:

1. *Observação descritiva* – no início, serve para fornecer ao pesquisador uma orientação para o campo em estudo. Fornece, também, descrições não específicas, e é utilizada para apreender o máximo possível, a complexidade do campo e, (ao mesmo tempo) para desenvolver questões de pesquisa e linhas de visão mais concretas;
2. *Observação focalizada* – restringe a perspectiva do pesquisador àqueles processos e problemas que forem os mais essenciais para a questão da pesquisa;
3. *Observação seletiva* – ocorre já na fase final da coleta de dados e concentra-se em encontrar mais indícios e exemplos para os tipos de práticas e processos descobertos na segunda etapa (SPRADLEY, 1980, p. 34 apud FLICK, 2009, p. 207).

---

<sup>103</sup> [www.facebook.com/unifei.itabira](http://www.facebook.com/unifei.itabira)

Para Spradley (1980 apud FLICK, 2009), uma das principais dificuldades da observação participante é fazer o problema em estudo se tornar “visível”, pois se trata de uma situação social. Assim, a questão principal da observação participante é o que e como observar para que a observação se torne um instrumento útil para o entendimento da questão a ser estudada. Na tentativa de minimizar esse problema, optei por um longo<sup>104</sup> período de construção de dados, para que esses dados pudessem me fornecer um leque de informações e significados minimamente visíveis a respeito da questão e da problemática desta pesquisa.

Delimitei, como *corpus* para análise, o processo de implementação do GEPMM, sendo este composto pela filmagem em áudio e vídeo da palestra “Modelagem Matemática e Aprendizagem Baseada em Problemas: convergências possíveis”, pela filmagem dos primeiros dez encontros realizados no GEPMM e pelas entrevistas realizadas com os componentes do grupo.

Visando a facilitar a comunicação entre os integrantes do GEPMM, foi criado, em outubro de 2012, um grupo fechado no *Facebook* intitulado *Modelagem Unifei Itabira*. Nesse espaço, compartilhamos artigos, documentos e quaisquer outros conteúdos ou informações relacionados ao trabalho do GEPMM.

### **3.3.2 As entrevistas iniciais e as finais com os integrantes do GEPMM**

Com o objetivo de entender como os *sujeitos* percebem o papel das disciplinas de Cálculo na formação do profissional da Engenharia e quais *ações* metodológicas eles têm observado na instituição (dentro e fora da sala de aula) que busquem o cumprimento dos papéis apontados por eles mesmos, uma entrevista inicial foi realizada. Com isso, busquei por indícios de inquietações e ou análise das *atividades* formativas de Cálculo dominantes na instituição, que estivessem relacionados ao engajamento dos *sujeitos* no GEPMM, sendo considerada como uma nova forma de *atividade* não dominante (SANNINO; NOCON, 2008). Além disso, na entrevista inicial, realizada individualmente, objetivei, mais explicitamente, a elucidação dos *motivos* que levaram os *sujeitos* à participação no grupo.

---

<sup>104</sup> Longo período se refere ao tempo gasto apenas com a construção dos dados que totalizaram 15 meses. Esse período geralmente pode ser tido como longo ao considerarmos que o prazo de conclusão do doutorado é de 48 meses, e, antes do 36º mês, todos os dados e o esboço da análise devem ser apresentados no exame de qualificação.

**Roteiro de entrevista inicial:**

*Pergunta 1)* Na sua concepção, qual é o papel das disciplinas de Cálculo na formação do engenheiro?

*Pergunta 2)* Quais ações metodológicas têm sido adotadas na instituição, visando o cumprimento dos papéis apontados anteriormente?

*Pergunta 3)* Quais foram os motivos que o levaram a participar do grupo de Modelagem Matemática?

As entrevistas finais aconteceram após os sete primeiros encontros do GEPMM. Nessa fase de construção de dados, busquei pelo entendimento dos limites e das possibilidades que a participação no grupo pôde fornecer aos *sujeitos* participantes. Limites e possibilidades em termos de acesso ao grupo, envolvimento com a proposta da *atividade* experienciada por eles e possíveis aprendizagens que pudessem ser evidenciadas nas *atividades* desenvolvidas pelo GEPMM.

**Roteiro de entrevista final:**

*Pergunta 1)* Como você caracteriza sua participação no GEPMM?

*Pergunta 2)* Desde que você começou a participar do grupo, quais os desafios encontrados? Como você buscou superar estes desafios?

*Pergunta 3)* O que você aprendeu com sua participação no GEPMM até o presente momento? O que ainda espera aprender?

**3.4 Quais instrumentos foram usados para a análise?**

Engeström (2001) pontua que qualquer teoria de aprendizagem deve buscar respostas para as seguintes quatro questões: *1) quem são os sujeitos da aprendizagem? 2) Por que eles estão aprendendo, o que os faz esforçar? 3) O que os faz aprender, o que são os conteúdos e resultados da aprendizagem? 4) Como fazê-los aprender, o que são as ações chave ou processos de aprendizagem?*

Engeström (2001) constrói um quadro de análise teórica para a aprendizagem expansiva, cruzando os cinco princípios da Teoria da Atividade às quatro questões

orientadoras para as teorias de aprendizagem. Com isso, para analisar uma *atividade* escolar como uma prática social coletiva, por meio da Teoria da Aprendizagem Expansiva de Engeström, é necessário preencher as entradas da seguinte matriz:

	Sistema de Atividade como unidade de análise	Multivocalidade	Historicidade	Contradições	Ciclos Expansivos
Quem são os aprendizes?					
Por que eles estão aprendendo?					
O que os faz aprender?					
Como fazê-los aprender?					

Tabela 1 - Matriz para análise da aprendizagem expansiva  
Fonte: Engeström (2001, p. 138).

Tomei como base empírica para o preenchimento da matriz acima, trechos das entrevistas concedidas pelos docentes e discentes que se dispuseram a participar do GEPMM e selecionei partes das dez reuniões do GEPMM documentadas em áudio e vídeo, que foram convenientes para responder à questão de pesquisa. Primeiramente, assisti, ouvi e transcrevi as entrevistas realizadas com os docentes e discentes engajados no GEPMM e gravadas em áudio e vídeo. Fiz o mesmo com as gravações dos dez primeiros encontros do GEPMM. Selecionei trechos que pudessem me ajudar no preenchimento das entradas da referida matriz. Além disso, extraí quatro temas de análise que convergiram no sentido de responder à questão que norteou a pesquisa. Nessa pesquisa, tais temas serão denominados por modalidades analíticas.

### 3.5 A formação do GEPMM pode ser caracterizada como uma *intervenção formativa*?

Engeström e Sannino (2010b) afirmam que os ciclos de aprendizagem expansiva podem ser investigados como processos que ocorrem naturalmente. Contudo, são processos bastante raros e difíceis de documentar devido ao seu caráter espacialmente e temporalmente distribuído. Além disso, os autores apontam que, nos processos de aprendizagem expansiva,

mais importante ainda é o atendimento às demandas impostas para a solução de contradições urgentes em comunidades de trabalho visando, sobretudo, a atingir qualitativamente novos modos de *atividade* de trabalho. Tal demanda, aliada ao legado intervencionista da teoria histórico-cultural da atividade, “tem levado ao desenvolvimento e implementação de *intervenções formativas* como uma metodologia para estudar aprendizagem expansiva”<sup>105</sup> (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b, p. 15, grifo meu).

Uma conceituação para definir as *intervenções formativas* decorre do legado vigotskiano determinado pelo princípio metodológico da *dupla estimulação*. As intervenções formativas podem ser entendidas pelo condensamento dos seguintes quatro pontos cruciais:

- 1) *Ponto de partida*: [...] os sujeitos enfrentam um objeto problemático e contraditório que eles analisam e expandem pela construção de um novo conceito, cujo conteúdo pode não ser totalmente conhecido de antemão pelos pesquisadores;
- 2) *Processo*: [...] o conteúdo e o curso da intervenção estão sujeitos à negociação e a maneira da intervenção cabe eventualmente aos sujeitos. Dupla estimulação como o mecanismo central implica que os sujeitos ganham agência e assumem o comando do processo;
- 3) *Resultado*: [...] o objetivo é gerar um novo conceito que pode ser usado em outro contexto como quadro para projetar uma nova solução localmente apropriada. Um resultado chave da intervenção formativa é a agência entre os participantes;
- 4) *Papel dos pesquisadores*: [...] o pesquisador objetiva provocar e sustentar um processo de transformação expansiva conduzido pelos participantes e pertencente a eles<sup>106</sup> (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b, p. 15, grifos dos autores).

Dessa forma, a intervenção pode ser entendida como uma *ação* intencional realizada por um agente humano que objetiva uma transformação qualitativa em determinada prática social, o que inclui que o pesquisador não tem qualquer diferenciação hierárquica sobre a intervenção. Além disso, segundo Engeström e Sannino (2010b, p. 15) “os pesquisadores não devem esperar resultados satisfatoriamente alinhados com seus esforços”<sup>107</sup>.

<sup>105</sup> Tradução realizada por mim de: “has led to the development and implementation of formative interventions as a methodology for studying expansive learning.”

<sup>106</sup> Tradução realizada por mim de: “

1) *Starting point*: [...] they face a problematic and contradictory object which they analyze and expand by constructing a novel concept, the contents of which are not known ahead of time to the researchers.

2) *Process*: [...] the contents and course of the intervention are subject to negotiation and the shape of the intervention is eventually up to the subjects. Double stimulation as the core mechanism implies that the subjects gain agency and take charge of the process.

3) *Outcome*: [...] the aim is to generate new concepts that may be used in other settings as frames for the design on locally appropriate new solutions. A key outcome of formative interventions is agency among the participants.

4) *Researcher's role*: the researcher aims at provoking and sustaining an expansive transformation process led and owned by the practitioners.”

<sup>107</sup> Tradução realizada por mim de: “Researchers should not expect nicely linear results from their efforts.”

O instrumento metodológico no qual se baseia na construção coletiva do GEPMM pode ser, então, compreendido como uma *intervenção formativa*, na qual o passado (antes dela) e o presente (depois dela) tendem a se misturar e/ou se (con)fundir, podendo fazer emergir *contradições*. Com isso, a *intervenção formativa* pode assumir duplo caráter: de tentar resolver *contradições* historicamente acumuladas e, ao mesmo tempo, provocar novos níveis de *contradição*.

No que segue, apresento o contexto institucional em que os dados foram construídos. Procurarei elucidar de um ponto de vista sociocultural quem são os sujeitos da pesquisa. Assim, dividirei o restante do capítulo em duas partes: a primeira delas focará a descrição da instituição como um todo e das disciplinas de Cálculo que nela são ofertados, enquanto a segunda parte focará as *atividades* desenvolvidas pelo GEPMM. Vale ressaltar que tanto na primeira parte, quanto na segunda os sujeitos serão considerados como integrantes e integradores do contexto, isto é, os sujeitos constituem e são constituídos pelo contexto de forma indissociável. No fim do capítulo, visando a iniciar o preenchimento da matriz para análise da aprendizagem expansiva (ENGESTRÖM, 2001) apresentada anteriormente, busco responder a pergunta: *quem são e onde estão os sujeitos da aprendizagem?*

### **3.6 O contexto institucional e as aulas de Cálculo**

Primeiramente, descreverei a instituição onde os dados foram construídos, sua origem, proposta e cursos oferecidos. A instituição escolhida foi a Universidade federal de Itajubá (UNIFEI) – *campus* Itabira. Decidi começar este trabalho com a seguinte imagem:

The image shows the homepage of the UNIFEI-Itabira website. At the top, there is a blue header with the UNIFEI logo on the left and navigation links for 'Acesso ao WebMail', 'Mana do Site', and 'Twitter' on the right. Below the header, a dark blue bar contains the text 'UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ' and a secondary navigation menu with links for 'Portal UNIFEI', 'Campus Itajubá', 'Campus Itabira', 'Relações Internacionais', 'Bibliotecas', 'Aluno', and 'Intranet'. The main content area is titled 'UNIFEI - Campus Itabira' and features a left sidebar with a menu of links such as 'Acesso à Informação', 'Inicial', 'A Unifei', 'Legislação, Normas e Regulamentos', 'Conselhos Superiores', 'Reitoria', 'Pró-Reitorias', 'Órgãos Suplementares', 'Unidades Acadêmicas', 'Fundações de Apoio', 'Incubadoras', 'Grupos de Pesquisa', 'Processos Seletivos', 'Avaliação Institucional', 'Processos de Contas Anuais', 'Guia Recolh. da União (GRU)', 'Licitação', 'Comissões e Comitês', 'Procuradoria Federal', and 'Carta de Serviços ao Cidadão'. The main text area contains several paragraphs describing the university's history, its partnership with Vale and the MEC, and details about its campus and facilities. A photograph shows a group of people in front of a building. On the right side, there is a search bar and a section titled 'Campus Itabira' with a sub-section 'Programas de Formação' listing 'Graduação' and 'Pós-Graduação'.

FIGURA 7 – Página inicial *site* UNIFEI-Itabira  
Fonte: UNIFEI, 2013.

A Figura 7 foi retirada do *site* da UNIFEI<sup>108</sup> em 17/02/2013, às 21h46. No texto de apresentação da instituição, pode-se observar que a gênese da UNIFEI-Itabira está alicerçada em uma parceria entre a Prefeitura Municipal de Itabira-MG, a empresa mineradora Vale (antiga Companhia Vale do Rio Doce (CVRD)) e o Ministério da Educação (MEC). Na figura também se pode observar uma foto que foi tirada em agosto de 2008 com os primeiros dez professores do *campus* e com os primeiros 150 alunos dos cursos de Engenharia da Computação, de Materiais e Elétrica, perfazendo um total de 50 alunos por turma.

O *campus* de Itabira foi consolidado como uma das expansões universitárias do Governo Federal ocorridas entre os anos 2006 e 2010. As condições iniciais de funcionamento eram precárias<sup>109</sup>. O *campus* da UNIFEI em Itabira está incluído no Plano de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais. Três salas de aula foram emprestadas por uma instituição de ensino privada para a universidade; nelas ocorriam as aulas dos três cursos de Engenharia, exceto as aulas experimentais, que ocorriam em um outro bairro da cidade, num prédio também emprestado, onde funcionava um Instituto de Tecnologia (ITEC).

<sup>108</sup> <http://www.unifei.edu.br/diversos/unifei-campus-itabira>

<sup>109</sup> Lecionei no *campus* da Unifei – Itabira no segundo semestre do ano de 2008, ou seja, no semestre de sua inauguração.

Em março de 2009, as aulas foram transferidas para o ITEC e todo o funcionamento do *campus* expandido de Itabira foi concentrado em algumas poucas salas de aula denominadas pelos alunos por “tendas” (por se parecerem com tendas de circo). Os professores foram agrupados em gabinetes subdivididos e essa situação permaneceu até novembro de 2011, quando um primeiro prédio do *campus* foi entregue. Porém, devido à escassez de espaço físico para ocorrerem todas as atividades dos nove<sup>110</sup> cursos de Engenharia, algumas turmas permanecem em funcionamento no prédio do ITEC. Portanto, a vida acadêmica dos alunos, professores e técnicos-administrativos se encontra fisicamente particionada e literalmente separada por mais de 7 km. A prefeitura disponibilizou ônibus para o acesso ao *campus*, visto que, por estar localizado no distrito industrial, o acesso é difícil e existem poucas linhas de ônibus em poucos horários por dia.

O *campus* da UNIFEI, dividido em duas partes na cidade de Itabira, uma parte no ITEC e a outra no distrito industrial da cidade, foi palco para a construção de dados para a pesquisa aqui relatada.

As disciplinas da área de Matemática da UNIFEI-Itabira são desenvolvidas do primeiro ao quinto período de todos os nove cursos de Engenharia da instituição. São elas:

**BAC 000 - Nome:** Matemática 0

**Ementa:** Conjuntos Numéricos. Números reais. Polinômios. Funções. Funções polinomiais. Funções exponenciais e logarítmicas. Funções trigonométricas. Funções compostas. Limites e continuidade. Introdução aos recursos numéricos e computacionais. (5 h/a semanais = 75 h/a semestrais)

**BAC 019 - Nome:** Matemática I

**Ementa:** Derivadas, aplicações de derivadas, integrais, teoremas fundamentais do cálculo, aplicações de integrais e integração numérica. (4h/a semanais = 60 h/a semestrais)

**BAC 020 - Nome:** Matemática II

**Ementa:** Matrizes e sistemas lineares, aplicações, vetores no plano e no espaço, espaço vetorial, subespaço, espaço  $R^n$ , autovalores e auto vetores, transformações lineares, cônicas e quádras. (4h/a semanais = 60 h/a semestrais)

**BAC I21 - Nome:** Matemática III

**Ementa:** Sequências e séries; derivadas parciais; coordenadas polares; integrais duplas. (4h/a semanais = 60 h/a semestrais)

**BAC 022 - Nome:** Matemática IV

**Ementa:** Equações diferenciais de ordem um. Métodos Numéricos. Equações diferenciais de ordem dois. Equações diferenciais lineares de ordem maior que dois. Soluções em série para equações lineares de ordem dois. (4h/a semanais = 60 h/a semestrais)

**BAC 023 - Nome:** Matemática V

**Ementa:** Funções vetoriais, integrais triplas, cálculo vetorial. (4h/a semanais = 60 h/a semestrais)

**BAC 024 - Nome:** Matemática VI

**Ementa:** Transformada de Fourier, transformada de Laplace, série de Fourier,

<sup>110</sup> Engenharia Ambiental, da Computação, Mecânica, de Controle e Automação, de Produção, de Materiais, de Saúde e Segurança, Elétrica e da Mobilidade.

equações diferenciais parciais e problemas de contorno e valor inicial. (4h/a semanais = 60 h/a semestrais)<sup>111</sup>

A disciplina BAC 000 é oferecida no primeiro período, as disciplinas BAC 019 e 020 são oferecidas no segundo período, as disciplinas BAC 022 e BAC I21 são oferecidas no terceiro período, a disciplina BAC 023 é oferecida no quarto período e a disciplina BAC 024 é oferecida no quinto período de todos os nove cursos de Engenharia da UNIFEI-Itabira. Vale ressaltar que apenas a disciplina BAC 020 (Matemática II) não perfaz conteúdos de Cálculo. Todas as outras disciplinas de Matemática na instituição constituem o corpo de conteúdos conhecido como Cálculo Diferencial e Integral.

Uma importante<sup>112</sup> observação a respeito das disciplinas de Cálculo componentes das grades curriculares dos cursos de Engenharia da UNIFEI-Itabira é o fato de a disciplina *Cálculo Numérico* não aparecer na grade curricular como forma de uma disciplina única. Geralmente, essa disciplina compõe as grades curriculares dos cursos de Engenharia por se tratar de uma importante ferramenta de resolução de variados problemas da área da Engenharia. Para Herbster e Brito (2005, p. 1),

[...] a disciplina Cálculo Numérico, conforme classificação do Ministério da Educação e Cultura é disciplina da área básica de formação dos cursos de Engenharia. O objetivo geral dessa disciplina é introduzir os fundamentos de Métodos Numéricos e aplicar os conhecimentos de programação já adquiridos, na implementação computacional dos métodos.

Na instituição, os conteúdos geralmente englobados na disciplina *Cálculo Numérico* aparecem “diluídos” nas disciplinas BAC 000 (Introdução aos recursos numéricos e computacionais), BAC 019 (Integração Numérica) e BAC 022 (Métodos Numéricos).

### 3.7 As atividades do GEPMM e os sujeitos envolvidos

<sup>111</sup> Disponível em

<http://www.portalacademico.unifei.edu.br/index.php?link=cursos&paineis=cab1Panel1|cab2Panel1|contPanel1|cabPanel2|contPanel2|pePanel2&cursoCod=071&localCod=C02&cursoMod=NaN&subsistema=grad&subsistema=grad> (consulta realizada em 18/02/2013 às 17h02)

<sup>112</sup> Como foco desta pesquisa – as disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia –, considero todos os conteúdos que geralmente configuram as disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia no Brasil, incluindo, assim, todas as disciplinas BAC descritas acima, exceto a disciplina BAC 020 (Matemática II) e ainda os conteúdos que configuram a disciplina Cálculo Numérico: *introdução aos métodos numéricos e computacionais; Solução numérica de equações não lineares; Interpolação e aproximações; Derivação e integração numérica; Métodos numéricos de resolução de sistemas de equações lineares; Resolução de equações diferenciais ordinárias por métodos numéricos.*

Em uma das visitas à instituição, conheci uma aluna que cursava o terceiro período do curso de Engenharia da Mobilidade, que chamarei de Mary<sup>113</sup>. Começamos a conversar sobre as disciplinas de Cálculo que ela já tinha cursado na instituição. Ela começou a me dizer que tinha um professor de Cálculo cujas aulas ela gostava muito e que ela aprendia muito, participando das atividades que ele propunha. Fez várias comparações em relação às metodologias utilizadas pelos professores da área de Matemática que já tinham sido professores dela na instituição. Fiquei interessada em conhecer esse professor e convidá-lo para participar da constituição do GEPMM. Anotei o nome do professor no caderno de campo e, posteriormente, o encontrei pessoalmente no *campus* da UNIFEI-Itabira, no ITEC. Esse professor será chamado, em todo o texto que segue, por Angel.

No encontro que tive com Angel, expliquei quais eram os objetivos da pesquisa que eu estava desenvolvendo na instituição, quais eram os passos de construção de dados e como seria a participação dele nessa jornada, caso aceitasse participar. Mesmo deixando claro para mim que ele estava muito atarefado com a docência, projetos de pesquisa, extensão e com demandas administrativas, ele concordou em participar ativamente da pesquisa. Desde então, a construção de dados pôde se iniciar – a formação do GEPMM. Angel e eu começamos, então, a planejar os próximos passos para a criação do GEPMM.

### 3.7.1 Angel

Angel é licenciado em Matemática e mestre em Engenharia Elétrica. Atua no serviço público federal como docente desde 2011. Anteriormente, atuou como professor em uma instituição particular de ensino superior, localizada na cidade de Belo Horizonte-MG.

Angel acredita<sup>114</sup> que o papel das disciplinas de Cálculo, num contexto de formação em Engenharias, configura-se como uma base formadora no que diz respeito às ferramentas que os alunos vão adquirindo com o objetivo de as aplicarem nas disciplinas

---

<sup>113</sup> Todos os nomes de alunos e professores serão fictícios. Com isso, objetivo preservar a identidade por questões éticas.

<sup>114</sup> Todas as descrições das concepções explicitadas pelo professor Angel são baseadas nas entrevistas inicial e final concedidas a mim por ele. As entrevistas foram gravadas em áudio e vídeo. No texto que segue, todos os excertos das entrevistas transcritas e citadas foram retirados das entrevistas iniciais e finais realizadas com os sujeitos que aceitaram o convite de participação no GEPMM.

técnicas dos cursos. Então, para ele, o Cálculo é considerado como uma base teórica para o desenvolvimento das disciplinas formadoras “de cidadãos altamente qualificados para o exercício profissional” (ESTATUTO UNIFEI, 2003, p. 2). Ao ser questionado a respeito das propostas metodológicas que têm sido desenvolvidas na UNIFEI-Itabira, objetivando o cumprimento dos papéis das disciplinas de Cálculo na formação em Engenharia apontados por ele mesmo, nos conta:

*Aqui na instituição basicamente, aqui na UNIFEI campus Itabira pelo menos assim no grupo nosso da Matemática, porque nós somos, digamos, relativamente isolados dos grupos das Engenharias, então em termos de nossas reuniões e tudo mais, a gente define, assim, habilidades chaves, ou seja, em termos de conhecimentos matemáticos que ele deve ter diante das diversas ferramentas, para poder, vamos dizer assim, estar delimitando essa base formadora do aluno. Agora assim, em termos institucionais, a gente não tem reuniões periódicas ou algum tipo de ferramenta ou algum tipo de consultoria externa para estar atuando junto da instituição para estar delimitando aí essa linha formadora do aluno. Então aí a gente se sente muito livre para estar aplicando esta ou aquela metodologia, se der certo bem se não der também ok. Então assim, em termos institucionais não tem nada assim digamos constituído ou em constituição pra tá melhorando isso não. Tem assim, que está sendo muito ventilado é a questão do PBL. Porém está ainda muito incipiente e agora está mudando de reitor e a gente não sabe o que vai acontecer.*

Sobre as metodologias utilizadas por ele e os demais colegas docentes da área de Cálculo ele nos conta:

*Ah, basicamente assim, pelo que eu converso com os outros colegas é o método tradicional mesmo, livros, passar no quadro, exercícios, nada assim muito diferente do cotidiano não, eu é que no semestre passado adotei assim, digamos, uma metodologia diferente pra verificar [...] assim qual seria a percepção do aluno diante desse novo modelo, então, na primeira etapa do período eu adotei o que seria o procedimento padrão, aula expositiva, exercícios, trabalhos em equipe e depois prova e já na segunda etapa as aulas expositivas foram trocadas para aulas de tirar dúvidas, então os alunos se reuniam para desenvolverem exercícios em grupos já que as aulas já tinham sido disponibilizadas em slides no portal acadêmico, então o meu papel era apenas de estar lapidando essas dúvidas que iriam aparecendo diante das discussões dos grupos. Assim, para alguns alunos isso foi ótimo, principalmente aqueles que já têm um bom desempenho nato, e outros que já são preguiçosos, não querem nada com a dureza, encostaram nos outros colegas do grupo e ficou assim aquele parasitismo durante a segunda etapa do período [...] aí eu fiz uma avaliação em dupla e o resultado foi realmente muito bom, embora eu não possa mensurar o quão desse conhecimento individual foi absorvido por cada aluno.*

Durante a conversa que tive com a aluna Mary, ela relatou sua adaptação como aluna da disciplina BAC 020 com a proposta metodológica descrita anteriormente pelo professor Angel. Ela enfatizou que não gostava de assistir às aulas expositivas e que preferia estudar os *slides* disponibilizados no portal pelo professor, o que ela poderia fazer qualquer

dia, qualquer horário e em qualquer lugar. Para ela, era bem mais produtivo dessa forma, embora alguns colegas dela não tenham se adaptado tão bem a essa proposta de ensino.

Em seguida, perguntei ao professor Angel se ele costumava abordar algum tipo de aplicação em suas aulas.

*Eu gosto muito dessa questão prática assim porque, eu vejo o seguinte, na minha concepção, você tem que ensinar pros alunos aquelas habilidades matemáticas mesmo, a operacionalizar, trabalhar com estruturas matemáticas, obter o resultado, e, além disso, eu sempre tento assim, na medida do possível, linkar aquele assunto com algum conteúdo prático. Só que como a turma é, vamos dizer assim, muito heterogênea em termos de várias engenharias, não tem como eu focar, por exemplo, um problema específico de Engenharia Elétrica ou um problema específico de Engenharia Mecânica ou um problema específico da Computação, então às vezes eu seleciono um problema que é direcionado à parte elétrica igual, por exemplo, Sistemas Lineares eu comecei com uma parte motivacional a partir de um problema de circuito elétrico. Então, eu dei lá várias fontes de energia, de um circuito todo montado, resistor e tudo mais, então você usa aquelas leis da elétrica, cai em um sistema linear e depois resolve [...] pelo menos eu já dei um horizonte para ele já vislumbrar – olha isso daqui eu realmente vou precisar lá pra frente...*

Depois disso, questionei-o sobre algum tipo de parceria entre grupos de professores de áreas correlatas na instituição. Perguntei se, por exemplo, o grupo de professores da área de Física desenvolvia algum tipo de trabalho juntamente com os professores da área da Matemática. Ele respondeu:

*Eu pelo menos, em termos de reunião, nunca houve. É só mesmo os grupos da matemática, grupo da física, grupo da engenharia de materiais, grupo da engenharia de produção, sempre aqueles grupos segregados [...] eu acho que seria fantástico se houvesse essa integração, que muitas vezes um professor lá de, por exemplo, lá do curso de Engenharia da Mobilidade, de construção civil, ele tá lá fazendo experimentos e gerando resultados, será que ele não poderia, estar utilizando os conhecimentos de um professor da área de matemática [aponta para ele mesmo] para estar melhorando os experimentos com algo que ele ainda não saiba usar de matemática? Seria interessante também para os alunos poderem ver essa interligação, só que há aquela questão assim, vamos dizer assim, das vaidades intrínsecas da carreira de docente que realmente torna essa tarefa um pouco complicada [risos]...*

Logo após esse momento, questionei-o se, além da vaidade, quais seriam outros motivos pelos quais essa interligação entre as áreas não acontecia na instituição. Ele responde que a questão da “autonomia universitária” é adotada de forma ampla nas universidades federais no Brasil, ou seja, os docentes geralmente trabalham de forma autônoma, sem se preocupar com o que o colega está fazendo ou deixando de fazer. Ele acredita que, para que mudanças ocorram, as ordens têm que ser dadas “de cima para baixo”<sup>115</sup>. Porém, mesmo que

<sup>115</sup> Nas palavras de Angel durante a entrevista inicial.

mudanças sejam impostas, esbarrariam na questão da “ vaidade ”<sup>116</sup> dos docentes, na vontade deles de dialogar, trabalhar realmente em equipe. Ele conta que, anteriormente ao trabalho como servidor público, trabalhou em uma instituição de ensino superior da rede particular e que lá os professores tinham o dever de participar de reuniões e seminários para discutirem as práticas pedagógicas. Nesses seminários, eles compartilhavam experiências boas e ruins, faziam leituras, discutiam e refletiam acerca das posturas de cada um. Para Angel, era muito bom conhecer as práticas pedagógicas dos colegas. Isso o fazia (re)pensar sua própria prática e o ajudava a tomar atitudes futuras para melhorá-la. Após esse relato, perguntei se ele sentia que essa obrigação (de participar destas atividades semestrais) exercia algum tipo de influência na atitude dos professores durante o semestre. Ele respondeu:

*Ah um pouco sim, porque querendo ou não emprego privado cê sabe como é que é, né? Então assim, digamos, se você tá no ritmo, tá tudo dando certo você se perpetua naquela empresa, caso contrário você é excluído. Então assim, havia um direcionamento pra tá tendo justamente esses novos métodos, esses novos meios de ensino em prol da instituição, porque senão você era cortado da instituição.*

Em seguida, questioneei o professor se, na opinião dele, esse tipo de ambiente de discussão estava faltando na UNIFEI. Ele respondeu que sim, não só na UNIFEI, mas em muitas universidades federais, citando vários exemplos de colegas que trabalham nessas instituições, e reafirmou que a questão da autonomia dos professores acaba criando essa cultura do individualismo entre os professores das universidades, tornando esse problema uma questão delicada.

Em suma, com base na entrevista inicial concedida a mim, o professor Angel parece se preocupar em estabelecer relações entre as disciplinas lecionadas por ele nos cursos de Engenharia da UNIFEI-Itabira e outras áreas do conhecimento; está sempre aberto para responder as dúvidas trazidas pelos alunos; sente falta de um ambiente de discussão a respeito das questões pedagógicas dos cursos de Engenharia; percebe que questões individuais relacionadas à subjetividade dos professores podem estar impedindo mudanças que poderiam melhorar a educação em Engenharia fornecida pela UNIFEI-Itabira; preocupa-se em motivar os alunos, apresentando questões que abordam problemas oriundos de áreas correlatas às disciplinas não matemáticas dos cursos de Engenharia; critica o predomínio de aulas expositivas e incentiva uma participação mais ativa dos alunos; demonstra perceber, na contemporaneidade, que os recursos tecnológicos disponíveis podem ser poderosos aliados

---

<sup>116</sup> Nas palavras de Angel durante a entrevista inicial.

nos processos de ensino-aprendizagem em cursos de Engenharia; e, por fim, parece ser um professor aberto ao diálogo.

Objetivando dar prosseguimento à apresentação dos sujeitos partícipes do GEPMM, retomarei o momento após a palestra<sup>117</sup> ter sido proferida por mim na UNIFEI-Itabira, em outubro de 2012, ocasião em que o convite para participação no grupo foi feito à comunidade e, também, a data do primeiro encontro do grupo foi marcada. Ao término da palestra, uma professora, denominada por mim de Clarice, veio até mim (ainda estava à frente do auditório), informando que gostaria de participar do grupo. Agradei a disponibilidade e a reencontrei no primeiro encontro.

### 3.7.2 Clarice

Clarice é bacharel em Matemática e mestre em Matemática Aplicada. Atua como docente no serviço público federal desde 2009.

Com base na entrevista inicial, percebi que a professora Clarice acredita que as disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia desempenham importante papel para uma sólida formação desse perfil profissional. Contudo, ao ser questionada, afirma que sempre escuta de seus colegas, docentes das disciplinas técnicas dos cursos de Engenharia, que Cálculo é importante, que não é para ela aprovar alunos sem o devido conhecimento, que o Cálculo é essencial e, com isso, ela acredita na importância das disciplinas de Cálculo, realmente tomando-as como disciplinas básicas, no sentido estrito da palavra – base. Afirma ainda que nunca viu o trabalho do engenheiro para saber como é realmente a importância do Cálculo nesse trabalho. Com base nas falas dos colegas professores/engenheiros, ela afirma que alunos que não aprendem bem Cálculo ficam prejudicados em sua formação como engenheiros, pois ela supõe que o Cálculo é pré-requisito<sup>118</sup> de outras várias disciplinas na grade curricular, nas quais o Cálculo deve ser bastante útil e indispensável para o entendimento dos conteúdos dessas disciplinas (técnicas).

---

<sup>117</sup> Palestra intitulada por “*Modelagem Matemática e Aprendizagem Baseada em Problemas: convergências possíveis.*” A palestra foi proferida por mim em 25 de outubro de 2012, com o objetivo de suscitar o interesse de alunos e professores em participarem do grupo, sendo gravada em áudio e vídeo.

<sup>118</sup> Não há pré-requisito formal de disciplinas na UNIFEI-Itabira. A professora Clarice, de certo, estava referindo a outras instituições brasileiras, que, em sua grande maioria, estabelecem disciplinas de Cálculo como pré-requisito para outras disciplinas dos cursos de Engenharia. Ou ainda ela estivesse se referindo a pré-requisitos de conteúdos, não de disciplinas.

Clarice afirma que, na instituição, as disciplinas de Cálculo não têm sido trabalhadas de forma a cumprir efetivamente seu papel dentro dos cursos de Engenharia. Depois de assistir à palestra, ela afirma ter pensado sobre o assunto e que acredita que a Modelagem Matemática pode ser uma possibilidade para o ensino em Engenharia. Nas palavras dela:

*Inclusive eu tava conversando com uns colegas outro dia, que uma disciplina interessante seria tipo um curso de Modelagem Matemática, como uma disciplina eletiva, para aqueles interessados e assim por diante... nós não estamos exatamente trabalhando o Cálculo com aplicações para os alunos... as aplicações são teóricas mesmo, coisas básicas mesmo...*

Ela demonstrou incômodo em relação às aulas mais teóricas, afirmando que, até onde ela tinha conhecimento, as disciplinas de Cálculo nos cursos de Engenharia da Unifei-Itabira eram baseadas apenas nas teorias que configuram os livros didáticos de Cálculo. Nas palavras de Clarice:

*Como nós aqui, muitos de nós, eu não posso falar por todos os professores, eu não conheço o método de trabalho de todos eles... mas até o momento que eles comentam comigo, eles falam que a aula é mais teórica mesmo... é passar o que tá no livro ali e fica muita coisa sem passar porque a aula é muito pouca né. Chega a quase ser ruim porque o curso é incompleto, então seria um curso de Modelagem. Seria para visar as aplicações mesmo, colocar num período onde os alunos já tenham visto as disciplinas básicas e focar em aplicações apenas, para ele ver ali, ter um contato mesmo com aplicações, poderíamos tratar de teoria como já tem em alguns livros de aplicações muito bons, inclusive de Equações Diferenciais e buscarmos também problemas do dia a dia para colocar lá, então, eu sei que tem professores aqui que gostam dessa área, mas no momento seria bom, mas não é real ainda porque falta professor para colocar uma disciplina assim.*

Clarice me pareceu ser uma profissional aberta a mudanças, em busca de novas possibilidades em prol da melhoria do desempenho de seu trabalho como professora e dedicada as suas atribuições no cargo que ocupa na instituição.

### **3.7.3 Robson**

Ainda no dia da palestra, outro professor, que será denominado de Robson, manifestou-se interessado em participar do GEPMM. Ele não é professor de nenhuma disciplina de Cálculo na UNIFEI-Itabira. Ele é graduado e mestre em Engenharia Metalúrgica

e doutor em Ensino de Ciências e Matemáticas. Atua como docente na UNIFEI-Itabira desde 2010. O professor Robson, além de ser graduado em Engenharia, também possui graduação em Licenciatura em Computação e Odontologia. Ele mesmo se define como uma pessoa de formação eclética e afirma sofrer um pouco com isso.

Robson demonstrou acreditar que as disciplinas de Cálculo são de crucial importância para a formação dos engenheiros, pois, para ele, o trabalho do engenheiro consiste da aplicação de conceitos matemáticos, físicos e químicos na resolução de problemas, por exemplo, de construção, manutenção, projeto e operação, sendo estes típicos do trabalho da área de engenharia.

Robson nos contou, ainda, que, após a reforma universitária, ocorrida no Brasil em 1968, as disciplinas que compõem a grade curricular dos cursos de Engenharia foram atribuídas a departamentos. Pontuou que, com a departamentalização das universidades, esperava-se que os docentes que lecionassem disciplinas correlatas estivessem mais “perto” para poderem trocar informações, compartilhar conhecimentos e trabalharem coletivamente. Contudo, em sua visão, os professores ficaram especializados até demais nas áreas, mas apenas nelas. Conta-nos ainda que, antes de 1968, os docentes que lecionavam as disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia eram engenheiros e, após 1968, os docentes, para lecionarem qualquer disciplina de Matemática, em qualquer curso de graduação, passaram a ser formados em departamentos de Matemática.

*Não só na instituição, mas o que a gente observa em várias instituições, é que existe um certo distanciamento entre os matemáticos e os outros professores em geral dos cursos de Engenharia, salvo alguns trabalhos que a gente acompanha na tentativa de se juntar essas áreas por meio de projetos transversais, projetos interdisciplinares, multidisciplinares, é alguma coisa que junte os profissionais diferentes, mas normalmente essas áreas estão bem desconexas porque na contratação de professores normalmente você pega matemáticos puros... agora o que tá faltando muito são professores que tenham assim conceitos de Educação Matemática [...] os matemáticos que nós temos aqui na instituição eles estão um pouco distanciados em relação aos engenheiros.*

Ainda que o convite para a participação no grupo tenha sido amplamente feito na instituição, poucos alunos o aceitaram. No primeiro encontro, apenas dois alunos participaram: a Taty e o José. Taty aceitou o convite feito na página da UNIFEI na rede social *Facebook*, e José aceitou o convite feito em sala de aula pela professora Clarice, já que era aluno dela naquele semestre. Ambos se mudaram para Itabira para cursarem Engenharia na UNIFEI. Taty veio de uma cidade do interior de São Paulo e José veio de uma cidade do interior de Minas Gerais.

### 3.7.4 Taty

Taty cursava o sexto período do curso de Engenharia da Computação e estava concluindo uma pesquisa na qual era bolsista de iniciação científica. Afirmou não estar gostando da área que estava atuando como pesquisadora e decidiu participar do grupo. Durante a entrevista inicial, ao ser questionada sobre o papel das disciplinas de Cálculo em cursos de engenharia, Taty afirmou ser de “*extrema importância*”, pois o que diferencia a formação em engenharia, em sua concepção, seria “*juntar todas as disciplinas do ciclo básico, física, química, matemática com as disciplinas de formação específica*”. Contudo, parece que tal junção não ocorre de forma explícita nos cursos da instituição. A própria estrutura curricular que separa os conteúdos em disciplinas parece contradizer ou mesmo não reforçar a concepção de formação em engenharia apontada pela aluna.

Em seguida, questionei a aluna quais seriam, especificamente, os papéis das disciplinas de Cálculo no curso de Engenharia da Computação. Para ela,

*no curso de Computação, a matemática que a gente vê é uma parte bem lógica né... além da lógica, o curso tem muitas matérias da parte de eletrônica, né, eletrônica digital, analógica, e, principalmente na digital a gente usa muito Álgebra Booleana e a álgebra Booleana ela tem nos postulados... é semelhante à Álgebra Linear até certo ponto. Na parte de computação a gente vê mais a questão da lógica, e se você for direcionar sua carreira... você vai trabalhar com conceitos de BigData que envolve necessariamente conhecimento mais avançados de matemática, ou computação gráfica que envolve Álgebra Linear.*

Naquele momento, percebi que a aluna poderia não ter entendido bem a pergunta, pois ela estava focando em conhecimentos matemáticos ligados à Álgebra e meu interesse eram os conhecimentos do Cálculo. Então, refiz a pergunta e ela respondeu: “*Nossa Rutyele, que difícil, hein?*”. Após alguns instantes pensando, Taty continua: “*então Rutyele, eu tô achando complicado achar uma resposta pra você porque, por exemplo, eu sei que o pessoal de Elétrica usa em mil coisas, mas não é o meu caso, então eu não sei te dizer ainda sabe?*” Embora Taty tenha afirmado que os conteúdos de Cálculo sejam importantes para a formação em Engenharia, ela não sabe descrever qual seria o papel dessas disciplinas em seu curso. Ela continuou:

*O que eu vivencio é uma série de Cálculos dados em sequência, seguindo assim, uma certa [...] buscando coerência mesmo no desenvolvimento dos conceitos né, começando da parte mais simples, limite, derivada, depois integração, depois séries, né, tem uma sequência que a gente vai acompanhando e a partir de determinado ponto que geralmente inicia no segundo período com Física I, você já começa a ter disciplinas que exige m esse conhecimento e você vai aplicá-lo, caso você tenha aprendido, independentemente na disciplina isolada de Cálculo I, Cálculo II, Cálculo III, daí você vai começar a aplicar isso nas específicas né, em eletromagnetismo, em mecânica dos sólidos, mecânica dos fluidos...*

Com isso, Taty pareceu demonstrar que, em sua concepção, as disciplinas de Cálculo compõem uma base para o desenvolvimento de outras disciplinas que configuram as grades curriculares dos cursos de Engenharia. Ela pareceu ser uma aluna comprometida com os estudos e estar preocupada em obter uma boa formação para que possa ter um perfil, como engenheira, diferenciado dos demais egressos dos cursos de Engenharia. Além disso, apesar de, naquele momento, estar cursando o sexto período do curso de Engenharia da Computação e ainda não ter feito a disciplina BAC 022 (EDO), que faz parte do terceiro período do referido curso, demonstrou não ter tido grandes dificuldades no que diz respeito à aprovação nas disciplinas matemáticas.

### **3.7.5 José**

O aluno José cursava o segundo semestre do curso de Engenharia Mecânica e era aluno da disciplina BAC 019, sob a responsabilidade da professora Clarice. O convite para a participação no grupo foi reforçado nas salas de aula de algumas disciplinas, por alguns professores, como foi feito por Clarice nas turmas que lecionava.

José demonstrou ser um aluno com atitude e postura reflexivas em relação a sua formação profissional. Não demonstrou estar acostumado ainda com o ritmo de estudos da Universidade e demonstrou sentir-se desconfortável ao perceber certo distanciamento entre os alunos e os professores das disciplinas de Cálculo que ele já havia cursado. Ao ser questionado sobre os papéis das disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia, apontou para o desenvolvimento do raciocínio lógico, da socialização e do trabalho em equipe:

*O Cálculo desenvolve o raciocínio lógico, mas também, pelo o que eu observo aqui na faculdade, ele também é um meio de socializar. De ajudar a pessoa também a se expressar melhor. Pelo que eu vejo, eu tenho dificuldade aí eu chego perto de uma pessoa, se a pessoa também tem, e também qualquer coisa que você faz pode virar uma coisa em conjunto né? Então eu acho que o Cálculo também desenvolve essa*

*parte para trabalhar em equipe, de você entender a dificuldade do outro também. E ele aplica em qualquer área que o engenheiro vá mexer, desde dar aula até na parte de gerência mesmo, qualquer situação o engenheiro vai ter que usar, ou não depende da situação, mas ele vai precisar saber aplicar tudo que ele aprendeu no Cálculo.*

José demonstrou ainda insatisfação com relação às metodologias utilizadas pelos professores com os quais ele teve contato na instituição:

*O Cálculo aqui que a gente vê é só a parte teórica mesmo. A gente, por exemplo, quando vai fazer algumas questões, resolver qualquer exercício, a gente não vê, por exemplo, ah eu tenho um cilindro tal e eu quero o máximo volume possível, a gente não vê, a gente não consegue fazer a otimização também. [...] a gente fez aquele trabalho de Cálculo [se referindo a um trabalho de Aplicação proposto pela professora Clarice] e muita gente teve dificuldade porque não sabia o que fazer. Não tem como, tipo eu pego o volume e aí o quê que eu faço? Vou fazer a derivada, o quê que eu vou fazer? Sabe a pessoa fica sem visão, ela não consegue, ela não sabe [...] é como se você tivesse uma viseira [gesticula com as duas mãos próximas ao rosto] só vendo a parte teórica, a gente não vê a aplicabilidade. [...] No máximo que a gente consegue ver alguma aplicabilidade é aplicação direta em outras disciplinas como a Física. Alguns alunos estão vendo Estatística, mas fora isso a gente não consegue pegar uma situação “crua” e aplicar o Cálculo! Num problema cotidiano, por exemplo, ah eu vou construir um suporte pra colocar minhas caixas, o quê que eu posso fazer? Qual que é o tamanho ideal? Sabe, a gente pode usar Cálculo pra fazer isso, mas às vezes a gente não consegue fazer!*

Percebo, assim, que José teceu uma reclamação sobre a falta de metodologias que objetivem ir além da parte teórica e, assim, alcançar as aplicações. Ele demonstrou perceber as utilidades dos conteúdos do Cálculo para a formação do engenheiro. Afirma ainda ter dificuldades em entender não somente os conceitos, mas também a resolução de algum exercício que seja considerado aplicação dos conceitos.

### **3.7.6 Pedro**

Pedro começou a participar do grupo a partir da terceira reunião do grupo. Ele aceitou participar do grupo mediante convite do aluno José. Os dois eram alunos do segundo período do curso de Engenharia Mecânica e cursavam a disciplina BAC 019, sob a responsabilidade da professora Clarice. Ele demonstrou ser um aluno bem crítico e engajado em sua formação profissional, embora também demonstrasse sentir dificuldades de adequação em relação às metodologias utilizadas pelos professores de Cálculo. Quando questionado, durante a entrevista inicial sobre os papéis das disciplinas de Cálculo em cursos de

Engenharia, ele disse que, basicamente, desenvolve o raciocínio lógico, “*you learn to interpret information in a clearer way*”, além de ser um embasamento teórico para a formação do engenheiro. O aluno demonstrou acreditar que, no trabalho desenvolvido na área da Engenharia, “*Calculation becomes fundamental, not only Calculation, but as any other discipline related to mathematics*”.

Sobre as metodologias que têm sido utilizadas pelos professores de Cálculo que possibilitam a apropriação dos papéis que tais disciplinas desempenham em cursos de Engenharia, Pedro demonstra insatisfação quanto ao distanciamento entre os professores de Cálculo e as dificuldades dos alunos. Ele pensa que o grupo de professores da Matemática precisa refletir sobre uma nova didática para possibilitar aprendizagem de alunos reais da UNIFEI, e não de alunos idealizados por eles:

*Querendo ou não, some students arrive unprepared at the University, this is a fact, it doesn't help, it's not as if you have Calculus Zero [refers to the discipline BAC 000], and many people sometimes have difficulties with basic mathematics, so it is a reality. The ideal would be you have students completely capacitated and interested. Only if you have a University that you still have to build, a new University, that besides infrastructure you still need to create the work, so to speak, you need students capacitated that after will leave the name of the University for good, it doesn't help you work with the ideal, you have to be real, we have these students, we have to adapt our didactic for these students. After if the University structures to have students well prepared or if the own infrastructure, the own university environment will force the students to be more serious. But at the moment the University lives, it needs an adaptation of the didactic by the professors for what happens in reality and not for what would be the ideal situation.*

O discurso do aluno está embebido de questões que são apontadas frequentemente por professores de Cálculo em cursos de Engenharia. A questão da falta de preparo dos alunos ingressantes em cursos de Engenharia, com relação à Matemática Básica, é recorrente em congressos da área de Educação em Engenharia<sup>119</sup>.

Nesse momento, consigo encontrar, então, subsídios para responder à seguinte pergunta: “Quem são e onde estão os sujeitos da aprendizagem?” São docentes e discentes que realizam suas atividades na UNIFEI-Itabira. Docentes da área de Matemática e Engenharia. Os discentes que atuaram como sujeitos dessa pesquisa são pessoas jovens, todos com menos de 20 anos de idade, que se engajam na atividade orientada pela aquisição de formação profissional em nível de graduação em Engenharia.

<sup>119</sup> A esse respeito veja os anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), disponíveis no site [www.abenge.org.br](http://www.abenge.org.br).

Foi nesse contexto universitário que se destina exclusivamente à formação de engenheiros, contando com a disponibilidade dos sujeitos apontados acima, que construí os dados para a referida pesquisa.

#### 4 OS DADOS CONSTRUÍDOS E ANALISADOS: A CONSTITUIÇÃO DO GEPMM COMO CICLO DE AÇÕES POTENCIALMENTE EXPANSIVAS

Engeström (2002, p. 183) aponta que, quando o texto escolar (os textos dos livros didáticos) é representado como o *objeto* da *atividade*, em vez de serem apenas *instrumentos* que ajudam no entendimento do mundo, há um empobrecimento nos recursos *instrumentais*, além de impactar os *sujeitos* da aprendizagem – os estudantes –, que são deixados com seus próprios dispositivos, que, para o autor, inclui as habilidades de estudo, lápis, borracha, papel. Esse tipo de abordagem, tradicionalmente desenvolvida nas aulas de Cálculo em cursos de Engenharia (CAMPOS, 2012; BIEMBENGUT; HEIN, 2007; FRANCHI, 2002), acaba por privilegiar um tipo de raciocínio que Resnick (1987) chama de “raciocínio do símbolo-destacado-do-referente” (p. 18 apud ENGESTRÖM, 2002, p. 183). Tal raciocínio é notadamente valorizado nos métodos tradicionais para a formação em Cálculo. A começar pelas avaliações que são realizadas, majoritariamente, por provas escritas, individuais e sem consulta, salvo algumas poucas exceções. No ensino tradicional de Cálculo em cursos de Engenharia, a principal *atividade* é orientada pelo Cálculo, como conteúdo, conhecimento historicamente acumulado, impresso nos livros didáticos em suas mais variadas abordagens, guiados como *objetos* da *atividade*.

A *atividade* tradicional de formação em Cálculo, sendo considerada como uma prática social, com base em Engeström (2008), pode ser representada por meio do seguinte esquema triangular:

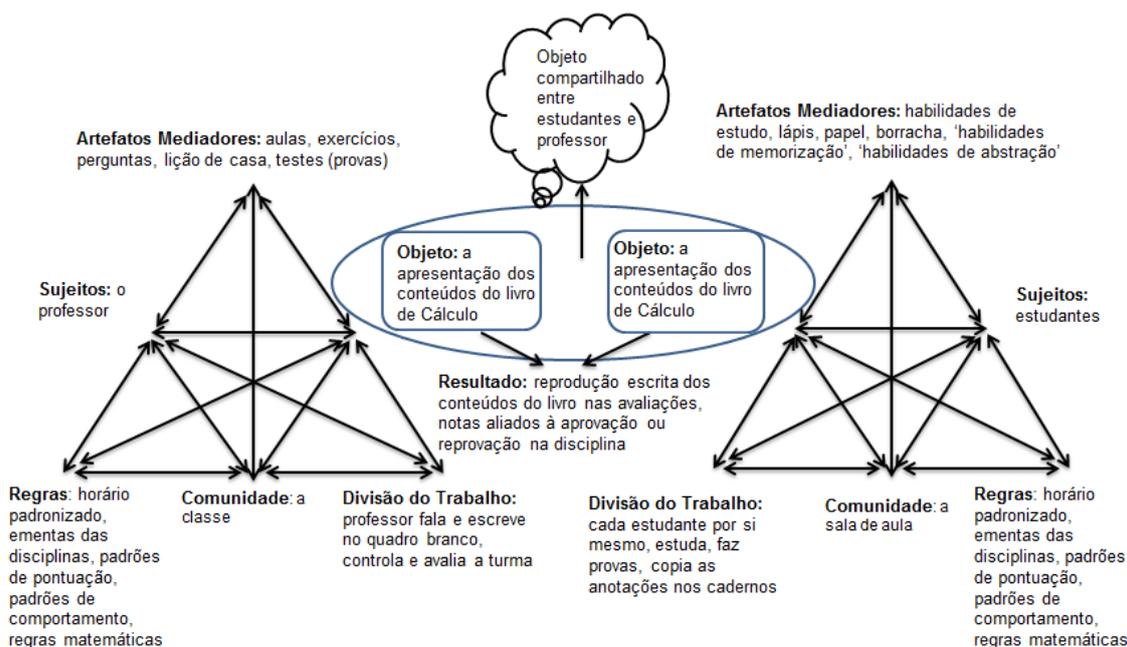


FIGURA 8 – Interconectados *sistemas de atividade* de professores e estudantes que tem como *objeto* a apresentação dos conteúdos do livro de Cálculo

Fonte: Elaborado pela autora.

Nesse tipo de contexto formativo, o seguinte questionamento se faz extremamente pertinente: por que e para que um aluno estuda Cálculo? Não pretendo no escopo desta tese responder explicitamente a essa questão, apenas pretendo sinalizar uma reflexão que se faz necessária para analisar os *motivos* pelos quais os *sujeitos* estiveram engajados no GEPMM.

Charlot (2013) pontua que, na ida à escola, os alunos aparentemente estão engajados em uma *atividade* formativa, mas que, frequentemente, agem por um *motivo* não relacionado com o próprio saber. Para o autor, no caso real, encontram-se muitos alunos que estudam para tirar uma boa nota, passar nas disciplinas, conseguir um diploma e conseqüentemente receber um salário que o torne uma pessoa de sucesso. Já no caso ideal, o aluno, idealizado pelas instituições e, sobretudo pelos professores, seria aquele que estudaria porque se interessaria pelo conteúdo estudado.

Na lógica que está se tornando dominante, estuda-se (quando se estuda...) para ter boas notas, passar de ano, ser aprovado no vestibular, ter um bom emprego: motivo e objetivo discordam. Portanto, não existe mais atividade. Sendo assim, qual é a significação do que o aluno faz na escola? Leontiev responderia que se trata de ações. Podemos dizer, também, que é um trabalho: um trabalho alienado (CHARLOT, 2013, p. 154).

A estrutura da *atividade* de formação tradicional pode ser considerada, segundo Engeström (2008), como alienante tanto para alunos, quanto para professores. Tomando por

base tal reflexão, poderíamos nos questionar: estariam mesmo realizando um trabalho alienado? Caso afirmativo, qual seria o nível de alienação do trabalho que os alunos e professores desenvolvem em disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia? Acredito que a compreensão de tais questionamentos se faz necessária para analisar as aprendizagens expansivas possibilitadas pela constituição do GEPMM no referido contexto de formação em Engenharias.

#### **4.1 Constituição do GEPMM: possibilidades para aprendizagens expansivas?**

Como já esclarecido na Introdução desta tese, esta pesquisa se originou de *inquietações* relacionadas ao trabalho que venho desenvolvendo ao longo de vários anos como docente em cursos de Engenharia. Durante todo esse percurso, tenho me deparado com vários aspectos que julgo contraditórios com relação aos processos de ensino-aprendizagem das disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia. A proposta da pesquisa aqui relatada constitui, dessa forma, uma expressão do eu – *sujeito* –, em face da realidade, adotando certo posicionamento frente à realidade das práticas sociais que tenho participado na situação de docente de disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia, mostrando certa atitude diante de uma situação real, presente.

Nesse sentido, inicio a análise usando a Teoria da Atividade como suporte teórico com a intenção de verificar se a criação do referido grupo pode se configurar como um miniciclo de ações de aprendizagem expansiva (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b).

Com isso, posso dizer que começo o esboço das ideias desta pesquisa *interrogando* os processos de ensino-aprendizagem que passei a participar desde que me inseri neste trabalho. Além de mim, percebi, durante a construção dos dados desta pesquisa, que outros indivíduos partícipes do mesmo contexto (alunos e professores dos cursos de Engenharia) também comungam as mesmas ou algumas das inquietações. A seguir, apresento algumas dessas inquietações, que estiveram abrigadas na primeira etapa de ações em miniciclo de aprendizagem expansiva: o interrogatório.

##### **4.1.1 Interrogatório**

Engeström e Sannino (2010b) explicitam que uma sequência “ideal” de ações epistêmicas em um ciclo expansivo se inicia com o interrogatório que consiste no questionamento, na crítica ou na rejeição de alguns aspectos de uma prática socialmente aceita ou uma sabedoria existente em uma comunidade. Nessa primeira parte da sequência de *ações* que são necessárias para analisar esse processo com o aporte teórico da aprendizagem expansiva, aponto algumas facetas da prática tradicional de ensino-aprendizagem de Cálculo que foram incluídas sob a forma de *questionamentos* e/ou *interrogações* pelos *sujeitos* que participam dela – alunos e professores dos cursos de Engenharia. Não estou dizendo que todos os integrantes do GEPMM as questionam e interrogam ao mesmo tempo e nem que tais questionamentos ocorreram durante o planejamento e o desenvolvimento das *atividades* do grupo.

Vale ressaltar que o *objeto* de uma *atividade* possui inerentemente uma natureza dual: é, ao mesmo tempo, “algo dado e algo projetado ou antecipado”<sup>120</sup> (ENGESTRÖM, 2008, p. 88). O *objeto* de uma *atividade* é também seu verdadeiro *motivo* (ENGESTRÖM, 1987). Processos de mudança objetivam necessariamente a construção de um novo *objeto* e, conseqüentemente, correspondentes novos *motivos* a serem cultivados.

Durante a entrevista inicial, alguns *motivos* que levaram os *sujeitos* a aceitarem o convite para participação no GEPMM foram explicitados. Tais *motivos* podem demonstrar ou explicitar questionamentos que têm origem em questões que compõem as práticas tradicionais de ensino de Cálculo em cursos de Engenharia. Com base em excertos das transcrições das gravações das entrevistas iniciais realizadas com os *sujeitos*, podemos notar que:

Para o docente Angel, o grupo “*propicia uma questão de um diálogo entre os colegas de mesma área e talvez estar criando em ambiente de discussão das práticas de ensino e tentar **melhorar** ou **evoluir** essa questão do ensino tradicional que é muito aplicado e difundido nas Universidades Federais*”. Afirma ainda que acredita que, ao participarem do GEPMM, os alunos sairiam com uma visão mais ampliada da conexão que existe entre as disciplinas básicas e as aplicadas, para que possam vislumbrar problemas da realidade.

A docente Clarice afirmou que o interesse em participar do grupo estaria motivado pela possibilidade de ver a Matemática em ação – sendo utilizada. Nesse sentido, “*abrir novos caminhos*” de atuação, ter novos conhecimentos, novas possibilidades, “*não*

---

<sup>120</sup> Tradução realizada por mim de “something given and something projected or anticipated”.

*ficar sempre no básico” e “melhorar como professora”* seriam os principais motivos para ter aceitado o convite de participação no GEPMM, segundo Clarice.

O docente Robson demonstrou, a meu ver, que estaria insatisfeito com os modos “desconexos” de ensino de Cálculo nos cursos de Engenharia da instituição, que os professores de Cálculo não abordam questões de aplicações reais em suas disciplinas e que, quando tentam abordar consideram questões e exemplos de livros didáticos. Tais exemplos, para ele, são *“desconexos da realidade porque o próprio matemático não vivenciou aquilo e não tem certeza se é daquele jeito, não conhece bem as variáveis envolvidas, então, normalmente as pessoas que ensinam matemática acabam caindo nos problemas tradicionais”*. O docente afirmou que disseminar esse tipo de prática – a da Modelagem Matemática – seria um dos motivos para ter aceitado o convite e ter participado do GEPMM. Contudo, não explicitou os outros.

Sendo assim, os docentes demonstraram que, ao aceitarem o convite para participarem do grupo, seguem orientados pela incorporação de conhecimentos de Matemática em ação – em conexão com as mais diversas áreas do conhecimento –, que desejam melhorar ou evoluir como docentes no sentido de abrir novas possibilidades e formas de atuação e almejam a disseminação das práticas de Modelagem Matemática em outros contextos, outras instituições e sob outras perspectivas.

Tomando-se por base que os professores desejam melhorar ou evoluir o trabalho que se dispõem a desenvolver como proponentes e participantes de práticas de ensino-aprendizagem de disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia, decidi tentar pontuar quais seriam tais melhorias, ou seja, se há algo que possa ser melhorado ou evoluído; significa que há algo que precisa ser transformado, modificado, e nisso residem as possibilidades para aprendizagens expansivas. Mas o quê poderia ou precisaria ser transformado? Com base na revisão de literatura sobre os processos de ensino-aprendizagem de Cálculo em cursos de Engenharia, apresentada no Capítulo 2, exponho, a seguir, quatro questionamentos que podem ser considerados como essência no que diz respeito às transformações em tais processos:

- a) como **adequar** as metodologias utilizadas em disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia em consonância com os objetivos gerais para a formação dos engenheiros?
- b) Como fazer com que os estudantes **participem ativamente** dos próprios processos formativos de aprendizagem no que tange as disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia?

c) Como **romper com a encapsulação** das disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia?

d) Como **melhorar a interação** entre os sujeitos da aprendizagem em disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia?

Essas quatro questões foram elaboradas por mim, com o intuito de analisar as possibilidades de aprendizagens expansivas que podem ser desenvolvidas em *atividades* desenvolvidas pelo GEPMM constituído na UNIFEI, com o objetivo inicial de construção de dados empíricos para esta pesquisa. Esses questionamentos e críticas foram compartilhados entre os integrantes do referido grupo no decorrer dos encontros e durante as entrevistas. Depois disso, passamos para a segunda etapa das *ações* de aprendizagem que consiste na *análise* da situação atual, a fim de descobrir as causas ou explicações sobre o que foi questionado.

#### **4.1.2 Análise da situação**

Engeström e Sannino (2010b) explicitam que uma segunda *ação* que compõe uma sequência tipicamente “ideal” em um ciclo expansivo, consiste na *análise* da situação atual. Para os autores, *analisar* envolve transformações mentais, discursivas ou até mesmo práticas da situação atual, com o intuito de descobrir mecanismos de causa e/ou explicação.

Considero como o início dessa fase o momento em que comecei a procurar por outras metodologias que poderiam ser utilizadas no desenvolvimento das disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia, bem antes de iniciar esta pesquisa. Fiz diversas leituras na área de Educação Matemática na tentativa de elaborar, ainda que apenas em termos de projetos futuros, outras possibilidades que pudessem tornar meu trabalho, como docente de disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia, menos contraditório, sob minha própria concepção. Após iniciar a fase da construção dos dados desta pesquisa, pude perceber *in loco*, mediante observações e entrevistas, que os questionamentos e críticas podem ser explicados e/ou causados pela construção histórico-cultural das práticas de ensino-aprendizagem de Cálculo em cursos de Engenharia.

Por um lado, as práticas de ensino-aprendizagem de Cálculo realizadas na instituição são, basicamente, amparadas pelo método tradicional de ensino, conforme exposto

no Capítulo anterior. Por outro lado, há uma perceptível distância entre as metodologias utilizadas em tais práticas na instituição e os papéis que as disciplinas de Cálculo deveriam exercer na formação em Engenharia, sob a concepção dos professores e estudantes que participaram da construção dos dados para essa investigação.

Conforme visto no capítulo anterior, durante as entrevistas iniciais, os *sujeitos* apontaram que as disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia deveriam exercer papel de ferramentas que serviriam como base para o desenvolvimento da formação do engenheiro, ou seja, um Cálculo que deveria ser, por definição, desenvolvido em práticas de ensino-aprendizagem como conteúdo em *ação*, como *instrumento* da *atividade* formativa e não apenas como parte do *objeto*, conforme visto no início deste capítulo.

Durante a realização das entrevistas iniciais, os docentes Angel, Clarice e Robson atentaram para a necessidade de diálogo entre os docentes que lecionam disciplinas de Cálculo e os demais docentes dos cursos de Engenharia, assim como a necessidade de conexão entre os conteúdos de Cálculo e os demais conteúdos das disciplinas técnicas dos referidos cursos. Para eles, o distanciamento causado pela departamentalização pode configurar como ponto-chave para tais questionamentos.

Ainda no que diz respeito às entrevistas iniciais, os alunos, principalmente José e Pedro, apontam para a necessidade de adaptação da didática dos professores para dar conta dos alunos reais que ingressam na instituição. Para eles, há um nítido distanciamento entre os professores e os alunos durante o desenvolvimento das práticas formativas de Cálculo em cursos de Engenharia. Tal distanciamento será mais bem analisado mais adiante, ainda neste capítulo.

Por último, uma crítica que se faz emergente no que diz respeito às práticas tradicionais de ensino-aprendizagem de Cálculo em cursos de Engenharia, concentra-se na formação em termos de habilidades individuais. As tradicionais práticas que se destinam a desenvolver a formação em Cálculo nos cursos de Engenharia acabam por privilegiar o desenvolvimento de habilidades e competências individuais que estão, na maioria das vezes, ancoradas nos conteúdos de Cálculo de forma “pura” – o Cálculo pelo Cálculo, ou seja, ser competente em Cálculo pode ser resumido em conseguir traçar gráficos, resolver derivadas e integrais, por exemplo, não significando que tais competências e habilidades sejam trabalhadas sob a concepção de um Cálculo como ferramenta para o entendimento/desenvolvimento/solução de problemas reais – o Cálculo em *ação*.

Como visto nos Capítulos 1 e 2 desta tese, para o desenvolvimento de habilidades e competências de Cálculo em *ação*, por se tratar de uma formação cujo *objeto* pode ser

entendido como questões-problema reais, nas quais os conteúdos de Cálculo se configuram como ferramentas da *atividade*, faz-se necessário o desenvolvimento de ampliação das possibilidades de interação entre os *sujeitos*, devido a sua própria natureza. O trabalho coletivo passa a predominar em relação ao trabalho individual. Não basta apenas saber resolver uma integral, é preciso saber quando e onde usar uma integral, para que uma questão-problema real possa ser entendida/solucionada. A aluna Taty, durante a entrevista inicial aponta que em trabalhos em grupo, mais práticos, “*você acaba aprendendo muito mais*”, “*acho que esse é o trabalho do engenheiro*”.

Com isso, a situação das práticas formativas de Cálculo em cursos de Engenharia começa a parecer sob a forma de dilemas, que, na verdade, abrigam contradições historicamente acumuladas em tais sistemas de *atividade*. Os dilemas nos ajudam a delimitar possibilidades para transformações expansivas, que podem, também, ser entendidas ou analisadas como movimento na *zona de desenvolvimento proximal da atividade*. Nesse sentido, algumas *facetas*<sup>121</sup> podem ser explicitadas da seguinte forma:

- a) *metodologias utilizadas nas disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia VERSUS o papel das disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia;*
- b) *disciplinas de Cálculo focadas em processos de formação em termos de aprendizagens individuais VERSUS demandas externas clamam pelo trabalho em equipe – aprendizagens coletivas;*
- c) *docentes de Cálculo em redes fechadas (somente matemáticos) VERSUS parcerias com docentes de variadas áreas de atuação em cursos de Engenharia;*
- d) *atividade docente desvinculada da atividade discente VERSUS parceria docente-discente, formando uma rede de aprendizagem.*

Após essas facetas terem sido explicitadas, passamos para a terceira etapa das *ações* de aprendizagem, que consiste no *modelamento* de um novo horizonte de prática, cujas possibilidades de implementação precisam, necessariamente, extrapolar as fronteiras do pensar e agir individual e passar para um patamar de construção coletiva, rumo a transformações qualitativas da prática atual.

---

<sup>121</sup> Na teoria da aprendizagem expansiva, *double bind* pode significar dilema ou “face de dois gumes”, ou ainda “duas faces da moeda”. Decidi usar *facetas*.

### 4.1.3 Modelamento<sup>122</sup>

Segundo Engeström e Sannino (2010b), após a situação (ou fenômeno, ou prática social) ser questionada e analisada pelos *sujeitos*, faz-se necessário que tal análise dê origem a uma nova forma de prática, uma nova *atividade*. Para que isso se concretize, é necessário que os *sujeitos* consigam construir, moldar e transformar um novo *objeto*, por meio de *ações* que objetivem tal *modelamento*.

Antes mesmo de iniciar o processo de construção dos dados para a presente investigação, a Modelagem Matemática, conforme a concebo, pareceu estar alinhada aos objetivos de formação de Cálculo em cursos de Engenharia. Todas as leituras que fiz me conduziram ao entendimento de que a Modelagem Matemática em cursos de Engenharia poderia constituir um novo horizonte de prática para os *sujeitos* partícipes dos processos de ensino-aprendizagem de disciplinas de Cálculo nesses cursos profissionalizantes<sup>123</sup>.

Segundo Engeström e Sannino (2010b), a aprendizagem expansiva se concentra em processos nos quais os *sujeitos* são transformados de indivíduos isolados em coletivos e redes. Nesse sentido, quando a construção dos dados empíricos para esta pesquisa se iniciou, na verdade, o objetivo era que tal rede fosse tecida.

A Modelagem Matemática, sendo considerada como uma prática formativa inovadora em relação às práticas tradicionais de ensino-aprendizagem de Cálculo em cursos de Engenharia pode ser tomada, pelos participantes, como um *modelo* que busca possibilitar soluções para os dilemas expostos anteriormente. Acreditando nisso, embarquei em uma jornada rumo às possibilidades de movimento na *zona de desenvolvimento proximal* da *atividade* formativa de Cálculo em cursos de Engenharia. No campo, cheguei só, mas não permaneci só; a rede começou a ser tecida. E foi; o grupo se constituiu.

Sendo assim, a constituição do GEPMM, podendo ser considerada como *ação* de *modelamento*, que, segundo Engeström e Sannino (2010b), objetiva a construção de um novo horizonte de prática, visando à minimização dos dilemas potencialmente incorporados nas formas de *atividade* vigentes, poderia possibilitar:

---

<sup>122</sup> Aqui, *Modelamento* é considerado como a terceira fase das estratégicas *ações* do ciclo de aprendizagem expansiva, elaborado por Engeström (1987), conforme explicitado no Capítulo 1 deste texto.

<sup>123</sup> A formação em Engenharia pode também ser entendida como profissionalizante, pois objetiva a formação do profissional de Engenharia – o engenheiro.

- a) a construção de espaços formativos nos quais o **objeto** da atividade seria constituído por questões-problema não matemáticas e estudantes engajados em sua própria formação (o que poderia se aproximar dos objetivos gerais que perpassam a formação dos engenheiros);
- b) **engajamento** coletivo dos estudantes na resolução de problemas não matemáticos (o que pode estar mais próximo das demandas externas que proclamam o trabalho em equipe – aprendizagens coletivas);
- c) possibilidades de **parcerias** (interdisciplinares) com docentes de variadas áreas de atuação em cursos de Engenharia (o que poderia promover o rompimento da encapsulação das disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia);
- d) atividade de aprendizagem mediante **parceria** docente-discente formando uma rede de aprendizagem (o que poderia ampliar quantitativamente e qualitativamente as interações docente-discentes).

Vale ressaltar que a construção do GEPMM, ao ser tomado como um *modelo* em um ciclo de *ações* potencialmente expansivas, acaba por se configurar como um elo entre as disciplinas de Cálculo e as demais disciplinas que constituem a formação do engenheiro na instituição estudada, o que poderia minimizar o *ponto de conflito cognitivo* apontado por Camarena (2009). Tal ponto de conflito pode ser entendido como uma tensão que os engenheiros vivenciam quando precisam integrar duas ou mais áreas do conhecimento, tais como o Cálculo e outras áreas técnicas da Engenharia, a fim de matematizar um problema a ser resolvido. Tal minimização pode ser relacionada com o rompimento da *encapsulação* das disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia.

#### **4.1.4 Examinando o novo modelo**

Segundo Engeström e Sannino (2010b), a quarta *ação* constituinte de uma sequência “ideal” em um ciclo expansivo, seria caracterizada pelo *exame do modelo*. Essa etapa consistiria em pôr em prática o modelo, executá-lo ou operá-lo, a fim de compreender sua dinâmica, potencial e limitações. Para isso, se fez necessária a criação de uma rede de aprendizagem, composta por alunos e professores que aceitaram o convite para participação

no GEPMM. A parceria estabelecida mediante a criação de tal rede possibilita a ampliação do movimento de informações entre os docentes que atuam em diversas áreas, por meio da potencialização da busca e, conseqüentemente, encontro de informações e ferramentas necessárias para o entendimento e a resolução das questões-problemas que configuram o *objeto da atividade* de Modelagem.

Além da parceria entre os professores das mais diversas áreas de atuação, a criação dessa nova rede, poderia possibilitar, também, um cruzamento vertical de fronteiras por meio das interações entre estudantes e professores, pois, em instituições escolares, alunos e professores constituem redes hierárquicas de interações. A parceria entre eles acaba por cruzar os limites entre as redes, o que poderia tornar a *atividade* de alunos e professores uma única *atividade*: a *atividade* de aprendizagem.

Com isso, poderíamos analisar que a construção de tais ambientes configuraria potencial mudança no *objeto da atividade* de aprendizagem e ainda a *construção de redes*, possibilitada pelo cruzamento de fronteiras entre níveis hierárquicos e institucionais na instituição por meio de parcerias docente-docente e discentes-docente, ambas ocorrendo em um mesmo espaço físico, em uma mesma prática institucionalizada, em prol de um mesmo objetivo. Esses dois movimentos poderiam configurar, mutuamente, aprendizagens expansivas, como veremos mais adiante no presente texto.

Por se tratar de uma *intervenção formativa*, optei pela criação do GEPMM em vez de tentar introduzir a Modelagem Matemática dentro das salas de aula das disciplinas de Cálculo. Essa opção metodológica, em termos da construção dos dados, mostrou-se necessária, após ter assumido a Teoria da Atividade e da Aprendizagem Expansiva como lente teórica para a análise dos dados da presente pesquisa. Além disso, eu temia que as *regras* e a *divisão do trabalho* dentro das salas de aula de Cálculo permanecessem invioladas, mesmo com uma possível introdução da Modelagem nas demais *ações* de ensino que ocorrem durante o desenvolvimento das disciplinas de Cálculo. E, mais do que isso, o *objeto da atividade* de alguns alunos durante todo o desenvolvimento das disciplinas de Cálculo, independentemente da metodologia adotada, poderia permanecer orientado pela aprovação na disciplina, satisfazendo a necessidade de prosseguir no curso, visando à obtenção do diploma de engenheiro.

Sendo assim, tal intervenção externa as próprias disciplinas de Cálculo configuraria como um espaço formativo alternativo, cujo objetivo preliminar seria o questionamento à própria divisão do conhecimento em disciplinas, como ocorre tradicionalmente em cursos de Engenharia no Brasil. Neste sentido, a proposta da criação do

GEPMM alia-se às ideias de formação em Engenharia com base no foco em questões-problema das mais diversas áreas, onde os conhecimentos de Cálculo sejam *instrumentos* ou ferramentas que auxiliam o respectivo entendimento/resolução, não pretendendo, assim, minimizar os dilemas vivenciados por alunos e professores durante as práticas das disciplinas tradicionais de Cálculo em cursos de Engenharia. Vale ressaltar que seria contraditório afirmar que tal enfoque pudesse ser plenamente estabelecido se tomássemos como contexto as disciplinas de Cálculo: as disciplinas de Cálculo possuem conteúdos estabelecidos nos Planos de Ensino e qualquer enfoque formativo, incluindo a Modelagem Matemática, estaria orientado pelo Plano de Ensino. Com isto as *atividades* de Modelagem constituiriam de abordagem para dar sentido ou motivar ou mesmo propiciar aprendizagens dos conteúdos já estabelecidos nas ementas. Com isto o *objeto* das *atividades* seriam os próprios conteúdos do Cálculo e a Modelagem Matemática seria um *instrumento* para tal ensino/aprendizagem.

O espaço formativo caracterizado no e pelo GEPMM se configura como um contexto propício para possibilitar aprendizagens expansivas por estar baseado nos *contextos da descoberta, da aplicação prática e da crítica*, conforme exposto no Capítulo 1. Tal espaço formativo alternativo às práticas tradicionais de formação institucionalizadas nas e pelas universidades pode ser caracterizado mediante “ampliação gradual do objeto e do contexto da aprendizagem” (ENGESTRÖM, 2002, p. 197). Nele, os aprendizes embarcam em uma jornada ao longo da *Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) da Atividade*<sup>124</sup>, que segundo Engeström (1987, p. 174), pode ser entendida como a “distância entre as ações cotidianas dos indivíduos e a historicamente nova forma de atividade social que pode ser gerada coletivamente como solução para o dilema potencialmente incorporado nas ações cotidianas”.

Engeström (2001) pontua que *atividades* de aprendizagem expansiva buscam produzir culturalmente novos padrões de *atividade*, que, nesta pesquisa, podem ser manifestos pelas e nas *atividades* desenvolvidas no GEPMM, devido à necessidade de os aprendizes aprenderem novas formas de *atividade* enquanto as vão criando.

É importante ressaltar que no GEPMM o Cálculo é considerado como um dos *instrumentos* necessários à resolução/entendimento das questões-problema não matemáticas. Sendo assim, em *atividades* de Modelagem Matemática, constantemente, faz-se necessário a aquisição de novas<sup>125</sup> ferramentas de Cálculo, para os *sujeitos* partícipes da presente

<sup>124</sup> Aqui, podemos entender *atividade* no sentido de *Sistemas de Atividade* que os *sujeitos* assumem na posição de docentes e discentes de cursos de Engenharia.

<sup>125</sup> Podemos entender tais *ações* com vistas à aquisição de novas ferramentas de Cálculo para os *sujeitos* partícipes de uma *atividade* de modelagem seguindo por analogia às ações que visam à construção/aquisição de uma lança ou um arco e flecha em uma *atividade* de caça.

*atividade*, o que se configura, sob essa análise, como *ações* estrategicamente necessárias ao alcance de objetivos parciais orientados pela *atividade* em questão. Mais adiante, no que tange à análise específica dos *instrumentos* de Cálculo em *atividades* de Modelagem num contexto de formação em Engenharias, seguirei orientada pelo seguinte questionamento: quais e como se configuram as *ações* possibilitadas pelas ferramentas de cálculo em uma determinada *atividade* de modelagem?

Ao optar pela dinâmica do *modelo* de *atividade* (Modelagem Matemática), sendo implementada extra sala de aula (GEPMM), algumas limitações poderiam ocorrer: configurar trabalho extra (horas gastas a mais), ônus, intensificação do trabalho, incompatibilidade de horários, entre outras. Com isso, sobraria menos *tempo* para realizar as demais *atividades* que compõem a formação em Engenharia na UNIFEI, tanto para estudantes, quanto para professores. Outra possível limitação poderia surgir pela estrutura física da instituição, já levando em conta o fato de ser um *campus* “em construção”: precisaríamos de um espaço físico para abrigar o grupo.

#### **4.1.5 Implementando o novo modelo – o GEPMM**

Com base em Engeström e Sannino (2010b), a quinta *ação* que constitui uma sequência “ideal” em um ciclo expansivo consiste na implementação do modelo, por meio de suas aplicações em práticas. Durante o início da construção dos dados da pesquisa relatada nesta tese, procurei por “aliados”, pessoas que compartilhassem as mesmas insatisfações e que aceitassem o convite de “embarcar” nessa jornada coletiva de transformações. Contudo, não obtive sucesso algum nessa primeira “empreitada”.

Não desisti, continuei realizando *ações* de negociação e orquestração por meio de conversas com docentes e discentes, buscando pelos tão esperados “aliados”. Foi, então, que Angel aceitou o convite. Decidimos elaborar e proferir a palestra, e, após a palestra, mais dois docentes aceitaram o convite: Clarice e Robson.

Deliberamos<sup>126</sup> algumas *ações* estruturais para que o grupo pudesse iniciar sua jornada: encontrar horários compatíveis, traçar horizontes de atuação, delimitação de regras, entre outras.

---

<sup>126</sup> Todas as *interações* nessa parte foram realizadas por meio de mediações possibilitadas pelo grupo “virtual” criado na rede social *Facebook*, intitulado *Modelagem Unifei Itabira*.

Ao serem questionados sobre os motivos que teriam orientado as respectivas participações, nas entrevistas iniciais, os alunos Taty, José e Pedro apontaram que gostariam de ver uma Matemática mais aplicada, uma Matemática na prática, objetivando terem uma visão diferenciada dos demais no mercado de trabalho, futuramente. Nas palavras de Taty, “*eu espero que no final deste projeto, né, eu consiga ter uma habilidade maior em abstrair matematicamente os problemas do dia a dia*”. Pedro pontuou: “*é uma coisa na qual você vai precisar; você vai ter que aplicar o Cálculo em muitas áreas de atividade para um engenheiro*”.

Com base nas gravações em áudio e vídeo dos encontros do GEPMM farei, a seguir, um breve relato das ações que se fizeram presentes durante os dez primeiros encontros do referido grupo.

#### 4.1.5.1 Os encontros

Agora, relatarei o que aconteceu durante os dez<sup>127</sup> primeiros encontros realizados no GEPMM, que adotarei como *corpus* de análise. Depois disso, retornarei ao *miniciclo* de *ações* de aprendizagem expansiva, com o intuito de explicitar a *sexta* e a *sétima* ações: *refletindo sobre o processo* de implementação do novo modelo e *consolidando* seus resultados em uma nova forma de prática.

##### 4.1.5.1.1 Primeiro encontro

O primeiro encontro do GEPMM ocorreu em 01/11/2012 (quinta-feira) e contou com a participação dos docentes Angel e Clarice, dos estudantes José e Taty e com a minha participação, desempenhando duplo papel – participante do grupo e pesquisadora.

Nesse primeiro encontro, começamos a estabelecer regras para questões burocráticas do grupo, tais como quantos seriam os integrantes, se o grupo seria formalizado como projeto de extensão ou grupo de pesquisa no CNPq, entre outras questões. Esclareci

---

<sup>127</sup> Considero os dez primeiros encontros devido ao fato de ter que cumprir prazos com relação às exigências estipuladas no regimento do Programa de Pós-Graduação em que estou inserida como aluna/pesquisadora.

para os alunos José e Taty<sup>128</sup> quais são os objetivos do grupo e da minha pesquisa. Estabelecemos, coletivamente, que o grupo seria constituído por quatro docentes e seis estudantes, totalizando dez participantes.

A docente Clarice teceu a seguinte crítica em relação à Educação Matemática no Brasil: *“muito se fala, pouco se pratica”*. E seguiu falando que os alunos de Cálculo são muito desmotivados; e acrescentou: *“muito aluno ali se sente tão incapaz; ele não acredita nele; por isso ele se ferra!”* A aluna Taty interveio: *“mas eu acho que isso não é culpa do professor, sabe?”* A docente Clarice respondeu à aluna em tom de voz alterado: *“Mas é também um dever!”*. Bakhtin<sup>129</sup> (1992, p. 396) destaca que a entonação consiste em uma expressão fônica da *avaliação social* e, para ele, “o tom não é determinado pelo material do conteúdo do enunciado ou pela vivência do locutor, mas pela atitude do locutor para com a pessoa do interlocutor (a atitude para com sua posição social, para com sua importância, etc.)”. Aqui uma análise da entonação da fala da docente Clarice poderia ser tecida pela hierarquia e lugar social que alunos e professores ocupam nas instituições universitárias e as respectivas regras que podem compor o “currículo oculto”, tais como: professor “sempre tem razão”, a fala do professor não “deve” ser questionada e aluno “deve” ficar inerte às posições do professor, afinal que dita as regras é o professor e ao aluno cabe cumpri-las. Contudo, no GEPMM não há pontos a serem distribuídos pelo professor e isto pode acabar confundindo as respectivas visões sobre as posições sociais nesta prática. Neste caso, alunos e professores tem o mesmo grau de importância e hierarquia.

No decorrer do encontro, Clarice pontuou que nunca havia visto o trabalho do engenheiro: *“Nunca parei pra pensar nisso! Sempre pensei assim: ah ele aprendeu as contas básicas lá e pronto. Mas não vai porque o outro [que sabe mais] vai passar na frente dele [no mercado de trabalho]”*. Nesse ponto, a docente pareceu estar preocupada com a qualidade da formação matemática que tem sido oferecida nas propostas tradicionais de ensino-aprendizagem de Cálculo em cursos de Engenharia. A docente seguiu falando:

*Eu falo assim no início do curso, no primeiro dia de aula: ah eu ensino Cálculo, não tenho noção muito de aplicações, aí depois vocês vão usar. [risos] Tipo assim, eu não sei quando mesmo. Depois vocês vão usar em vários conteúdos porque os próprios professores [de outras disciplinas – não matemáticas] falam comigo. Tem um professor da Mecânica que falou comigo: o aluno chega lá sem saber Cálculo e ele precisa de Cálculo pra caramba na minha matéria. Cálculo I mesmo! Sabe? E chega sem saber!*

<sup>128</sup> Que não puderam assistir à palestra, mas viram o convite na rede social Facebook e o aceitaram.

<sup>129</sup> Conforme explicitado no Capítulo 1 desta tese, uma das raízes da teoria da aprendizagem expansiva é a teoria da linguagem e discurso de Bakhtin. Por esse motivo, sempre que possível utilizarei tal teoria para analisar falas e discursos que ocorreram durante a construção dos dados para a investigação relatada nesta tese.

Nessa fala da docente, percebemos que ela pareceu estar preocupada em não conseguir responder às expectativas dos estudantes, ou mesmo dos outros professores das demais disciplinas, quanto às aplicações do Cálculo, e, além disso, demonstrou sentir-se incomodada em ouvir outro docente criticar a formação matemática dos estudantes.

A aluna Taty nos mostrou suas concepções e expectativas em relação a sua participação no GEPMM, como aluna do curso de Engenharia de Computação:

*Acho que a matemática é a matéria mais poderosa que tem: cê quer resolver um problema de verdade? Cê quer ser um engenheiro? Cê quer uma resposta? Tudo é modelagem. As melhores áreas da Computação, as que **dão mais dinheiro** cê tem que ser bom de matemática! Então eu acho um desperdício a gente ter 500 professores de Matemática aqui e ficar na sala de aula vendo nada? Adoro, gosto muito, acho muito legal, mas só isso? Entendeu? Você pode **sair daqui muito mais potente**. É aproveitar o que a faculdade está te oferecendo!*

Podemos perceber que a estudante posicionou que suas *ações* de aprendizagem estão relacionadas ao *objetivo* de “formação com qualidade” (uma boa formação, potente, aliada ao conhecimento), pois parece desejar ter um bom retorno financeiro no mercado de trabalho depois de se formar engenheira. É nítido também que sua *própria formação* ocupa lugar privilegiado enquanto *objeto* de sua *atividade*, ou seja, ela parece ter consciência que “obter conhecimentos” e “adquirir habilidades” constituem parte fundamental para a sua própria formação.

Esclareci para os parceiros, que, inicialmente, não gostaria de trabalhar em um problema muito complexo. Naquele momento, minha preocupação estava relacionada às possíveis desistências de integrantes do grupo, principalmente alunos, caso achassem o trabalho complexo demais.

A discussão sobre ensino de Cálculo em cursos de Engenharia continuou, embora este não fosse especificamente o tema do primeiro encontro, e a docente Clarice pontuou: “O aluno de Cálculo I, ele acha que tudo pode jogar no computador, que tudo ele joga na calculadora, que ele não vai trabalhar. Ele não sabe que vai ter que por a mão na massa. Ele acha que é pegar uma equação e resolver!” A aluna Taty respondeu: “Porque o Cálculo I é muito assim, você chega no três [Cálculo III], você nem pega mais na calculadora [risos]”.

Neste momento percebi que havia muitas questões inerentes às disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia na quais os *sujeitos* demonstravam interesse em debatê-las, e como na instituição não havia um espaço para tais discussões e debates, eles acabavam acontecendo nos encontros do GEPMM.

Prosseguimos o encontro tentando esboçar algumas questões de interesse dos integrantes do grupo, que poderiam ser tomadas como *objetos* da *atividade* de Modelagem do grupo:

- a) Angel falou sobre a infraestrutura na UNIFEI: prédio 2 atrasado, restaurante atrasado...
- b) José falou sobre o fluxo de trânsito na cidade de Itabira...
- c) Eu falei sobre prazos para o minério de ferro extraído pela empresa Vale nas minas de Itabira acabar...
- d) José falou sobre a poluição sonora causada pelas explosões nas minas da Vale...
- e) Taty falou sobre a iniciação científica dela: relações de gênero na construção civil...
- f) Eu falei sobre as possibilidades de estudarmos as relações de gênero no trabalho do engenheiro... (Clarice fala que não tem vontade de trabalhar com isso...).

Após combinarmos de pensar em casa, com calma, em mais inquietações que pudessem ser de interesse do grupo, encerramos a reunião.

#### 4.1.5.1.2 Segundo encontro

O segundo encontro do GEPMM ocorreu em 08/11/2012 (quinta-feira) e contou com a participação dos docentes Angel e Clarice, dos estudantes José e Taty e com a minha participação desempenhando duplo papel – participante do grupo e pesquisadora.

Expus para os parceiros que pensei em um problema que há muito tempo me incomoda: o problema do peso corporal ideal. Expliquei para eles que gostaria de entender melhor, matematicamente, a questão do ganho ou perda de peso considerando somente os fatores alimentação e exercícios físicos. Denominei, naquele momento, esse problema como “a fórmula da saúde” e posicionei ainda que “*O peso da pessoa é fundamental pra você saber [...] uma das variáveis é a massa da pessoa; depende da massa da pessoa para você saber o tanto que ele queima! [...] um gordo queima muito mais rápido do que quem é magro!*”. Clarice completou: “*Ah, mais tem um equilíbrio, depois ele para com aquela queimação!*”.

Taty pontuou: “*é, depende da taxa de gordura, da taxa de massa muscular [...] achei fantástico!*”.

Aqui, o leitor poderia questionar ou estar refletindo sobre a escolha do tema não pertencer diretamente à tradicional área de Engenharia, nem a disciplinas específicas dos cursos. Contudo, o tema perfaz a questão da interdisciplinaridade e da *transposição das fronteiras* disciplinares e curriculares. Imagine se nenhum engenheiro, ou físico, ou matemático tivesse dedicado esforços para o entendimento de processos e fenômenos relacionados com a área da saúde, atualmente não teríamos algum aparelho de raio X ou de ressonância magnética. Além disso, a UNIFEI-Itabira oferece, entre outros, os cursos de Engenharia da Saúde e Segurança e Engenharia Ambiental. Com a escolha desse tema, poderia acontecer, ainda, de estarmos buscando e efetivando, de alguma maneira, ainda que implícita, o rompimento da encapsulação de conteúdos relacionados com a área de Engenharia de Saúde e Segurança com os outros cursos oferecidos pela instituição, mediante a *transposição de fronteiras* e a *formação de redes* – parcerias.

Logo em seguida, a aluna Taty nos contou que já havia sido atleta e que corria 8 km, e o aluno José nos contou que fazia trilha de bicicleta. Eles ficaram realmente muito interessados pelo tema proposto por mim. Além deles, a docente Clarice também disse que achou o tema ótimo: “*achei o mais interessante deles!*”.

O docente Angel permaneceu desde o início do encontro manuseando seu computador portátil, e, somente depois de 30 minutos de reunião, o perguntei se ele havia achado o tema interessante. Ele pediu para eu repetir os temas até então levantados e parece preferir o problema do trânsito dizendo: “*tranquilo assim: tem que ir lá, medir, com o cronômetro, verificar, ou seja, tem um trabalho aí, né, de coleta de dados um pouco chata durante uma semana*”. Ao perceber que todos os parceiros olharam para ela, a aluna Taty logo disse: “*Ah não gente, não olha pra mim não gente! Tô fazendo um monte de coleta de dados já! Me recuso, cara! [...] Eu sento e leio 60 artigos se vocês quiserem, faço resumo de todos pra vocês, não tô brincando! Eu tô fazendo uma coleta gigantesca!*”

Naquele momento, estava estabelecido um dilema entre as idealizações de *objetos* das *atividades* que pretendíamos realizar. Tratava-se de pensar, elaborar, num plano da consciência coletiva, um resultado ideal – uma finalidade, já que “o que se pretende obter, existe primeiro idealmente, como mero produto da consciência, e os diversos atos do processo se articulam ou estruturam de acordo com o resultado que se dá primeiro no tempo, isto é, o resultado ideal” (SÁNCHEZ VÁZQUEZ, 1977, p. 187). Ainda que o resultado real se

distancie do ideal, trata-se de adequar intencionalmente o *ideal* ao *real*, ainda que para isso seja necessário se assemelhar pouco ou até mesmo nada com a finalidade original.

Nesse momento, podemos perceber que, por já ter participado de programas de iniciação científica na UNIFEI, a aluna Taty demonstrou conhecer uma possível *divisão de trabalho* que pode ser adotada por alguns docentes orientadores nas *atividades* de iniciação científica: os alunos põem a mão na massa, coletam dados, fazem resumo de artigos, entre outras, e os orientadores auxiliam na escrita dos relatórios e na análise dos dados coletados.

O posicionamento da aluna Taty, de fato, “impactou” nas decisões do grupo. Alterou, modificou a *atividade*, que, naquele momento, estava sendo *idealizada* por nós, coletivamente. Como estavam participando das reuniões, portanto do grupo, apenas dois estudantes, como os docentes procederiam para coletar os dados para tratar do problema do trânsito em Itabira? Isso nos levou a deixar esse problema para ser tratado em outro momento, quando tivermos mais alunos para realizar as *ações* de coleta de dados.

Com isso, após debatermos mais um pouco, definimos que a primeira questão-problema a ser tratada por nós seria o emagrecimento em termos de alimentação e exercícios físicos. Naquele momento, estava traçado, idealmente, um resultado que orientaria as *ações* do grupo, uma finalidade: entender a questão problemática do peso corporal ideal; isso configurou uma *atividade* essencialmente da consciência humana tomada em sua coletividade, por meio da negociação e debate, em que os *sujeitos* expõem seus pontos de vista e suas *idealizações* oriundas de suas experiências anteriores, suas inquietações, mediante as quais concebem a realidade ainda inexistente, mas já traçada pela consciência por meio da *idealização* de seu *objeto*.

Sendo assim, “não se trata apenas de antecipação ideal do que está por vir, mas sim de algo que, além disso, queremos que venha” (SÁNCHEZ VÁZQUEZ, 1977, p. 191), expressão de uma necessidade humana, socialmente incorporada, que se configura como causa das *ações* e ao mesmo tempo determina as *ações* presentes. Contudo, tal antecipação ideal do futuro não implica necessariamente que desejamos, de fato, sua existência real, ou sequer pretendamos contribuir para que assim seja. Desejar uma *atividade* na realidade requer, sobretudo, elencar uma finalidade, estampada nas *ações* que devem ser realizadas para tal fim. Para isso, é necessário entender que toda finalidade pressupõe determinado conhecimento da realidade, que os *sujeitos* negam idealmente e, dessa forma, idealizam *ações* em prol de um resultado também idealizado.

Com isso, podemos analisar que, devido ao entendimento de que a questão do peso corporal ideal dependia de alguns parâmetros que poderiam ou não ser levados em conta,

decidiu-se por negar idealmente as formas presentes de entender tal questão (como tínhamos entendido até aquele momento) e partir para a produção coletiva de conhecimento. O *objetivo*, portanto, configurava-se pelas estratégicas *ações* de abertura da *caixa-preta* do peso corporal ideal.

Naquele momento, pontuei que: “*um gordo queima muito mais rápido do que quem é magro*”. Taty ponderou: “*é, depende da taxa de gordura, da taxa de massa muscular*”. Tínhamos, portanto, o conhecimento, digamos inicial, de que o peso influenciava na queima de gordura proporcionada pelas atividades físicas, mas como quantificar essa influência? Estariam outros parâmetros relacionados com tal influência, como, por exemplo, a taxa de gordura ou a taxa de massa muscular? Ou seja, algum(ns) conhecimento(s) da realidade estava(m) sendo negado(s) idealmente naquele momento, o que fez emergir uma finalidade para orientar nossas *ações*.

Estávamos dispostos a entender essa questão problemática buscando informações, incorporando variados *instrumentos* que possibilitassem o acesso, a apropriação e a produção de conhecimentos relacionados ao peso corporal ideal, perseguindo sempre o objetivo que segue: *mediante alterações na alimentação e nos exercícios físicos, como quantificar mudanças no peso corporal com vistas a alcançar efetivamente o peso corporal ideal?* Por se tratar de quantificações, tínhamos naquele momento o conhecimento de que algum *instrumento* matemático seria necessário para alcançarmos o *objetivo* estabelecido, porém, não sabíamos de antemão qual(is) *instrumento(s)* seria(m) esse(s) e como ele(s) nos ajudaria(m) nessa *atividade*.

Sabíamos, por exemplo, que o índice de massa corporal (IMC), representado por uma equação matemática<sup>130</sup>, é considerado o mesmo para homens e mulheres, independentemente da idade. Mas, suspeitávamos que um homem de 80 anos perdesse peso de forma diferente que uma mulher de 18 anos, considerando mudanças na alimentação e nos exercícios físicos. Mas qual seria essa diferença? Como ela poderia ser quantificada? Tais questionamentos abarcavam o objetivo explicitado anteriormente ao decidirmos dedicar esforços no entendimento da problemática questão do peso corporal ideal.

Depois disso, o docente Angel, que permaneceu manuseando seu computador portátil navegando na *internet*, convidou-nos para submetermos um projeto ao CNPq, pois havia um edital aberto sobre relações de gênero e trabalho, e aí poderíamos elaborar o projeto para pesquisar as relações de gênero e trabalho na área de Engenharia. Contou-nos que

---

<sup>130</sup>  $IMC = \frac{\text{peso}}{\text{altura}^2}$

poderíamos dar bolsas aos alunos no valor de R\$ 400. A aluna Taty exclamou: “*Nossa, que lindo! Que beleza!*”.

Angel disse que teríamos que realizar uma “*força tarefa urgente*”, porque o prazo seria até o dia 14 daquele mês (ou seja, teríamos apenas seis dias para construir o projeto). Taty disse que tinha o projeto escrito sobre gênero e somente teríamos que adaptá-lo para a área da Engenharia. Decidimos por lutar contra o tempo e escrever esse projeto para a submissão<sup>131</sup>. Vale ressaltar que, ainda que possa parecer estranho, não percebi, naquele momento, qualquer inadequação sobre o que o grupo havia, coletivamente, decidido fazer. Na verdade, mesmo que suspeitasse que o CNPq não fosse aprovar o referido projeto, visualizei tal elaboração como uma possibilidade de aprendizagem para os *sujeitos* engajados. Uma análise mais pontual que se refere a tal construção será tecida mais adiante nesta tese.

Finalizamos a reunião combinando as tarefas que cada um desenvolveria durante a semana, para que, no próximo encontro, pudéssemos continuar trabalhando focados no projeto a ser submetido no CNPq e também na problemática “*fórmula da saúde*”. Deliberamos que cada um dos integrantes ficaria responsável por ler dois artigos sobre a questão do emagrecimento considerando alimentação e exercícios físicos como parâmetros.

#### 4.1.5.1.3 Terceiro encontro

O terceiro encontro do GEPMM ocorreu em 13/11/2012 (terça-feira) e contou com a participação dos docentes Angel, Clarice e Robson, dos estudantes José, Pedro e Taty e com a minha participação, desempenhando duplo papel – participante do grupo e pesquisadora.

Como esse encontro ocorreu na terça-feira, não tínhamos sala reservada para nos reunirmos. Então, começamos o encontro em uma sala e em poucos minutos descobrimos que a sala estava reservada para uma aula. Sem termos lugar para nos reunirmos, a convite do professor Robson, fomos para um amplo laboratório de elétrica, onde estava ocorrendo em paralelo ao nosso encontro, uma aula de eletricidade prática. Depois de chegarmos à sala, a câmera que foi utilizada para realizar as gravações em áudio e vídeo, inesperadamente,

---

<sup>131</sup> E o submetemos na data limite – dia 14 de novembro de 2012. Contudo, o CNPq não o aprovou. O parecer questionou sobre a área de atuação dos docentes que iriam executá-lo.

interrompeu as filmagens. Por esse motivo, o relato desse encontro se baseia em alguns minutos de gravação em áudio e vídeo e nas anotações em caderno de campo.

Começamos o encontro discutindo o artigo<sup>132</sup> de Scagliusi e Lancha Júnior (2005), que trata do gasto energético por meio da técnica da “*água duplamente marcada*”. Nesse artigo, no QUADRO 1, os autores apresentam alguns modelos matemáticos que são utilizados para o cálculo do gasto energético, segundo a técnica da água duplamente marcada. Percebemos que, nas equações denominadas pelos autores por “*fórmulas matemáticas*” contidas no referido quadro, alguns valores (constantes) não ficam claros pra nós, isto é, os valores aparecem nas fórmulas, contudo, a razão do aparecimento não é explicitada no texto. Por exemplo, o que significa o valor 3,044 ou 1,104 na equação 3? Ou ainda 0,81 ou 0,67 na equação 4? Não conseguimos encontrar respostas para esses questionamentos no referido artigo e, decidimos, após a reunião, ir à busca de alguns artigos referenciados nele, como, por exemplo, Weir (1949) e Black, Prentice e Coward (1986).

Ainda durante a discussão do artigo Scagliusi e Lancha Júnior (2005), na página 542, nos deparamos com um termo físico-químico – o deutério. Nunca ouvi falar sobre esse conceito; nem o docente Angel, nem a docente Clarice. A partir dessa dúvida, os alunos José e Pedro nos esclareceram, com propriedade sobre o que se baseava esse conceito. José e Pedro utilizaram *instrumentos* da oralidade, que ecoavam vozes oriundas de discursos da físico-química escolar (discurso didático, pedagógico), que, provavelmente eles haviam tido acesso/interagido durante formação escolar em nível médio e que estavam guardadas em suas memórias.

Naquele momento, podemos perceber, ainda, que ocorreu uma inversão de papéis entre alunos e professores: nós, professores aprendemos com os alunos, e eles, alunos, nos ensinaram. Por meio de *interações* mediadas pela oralidade (linguagem falada), todos nós, *sujeitos* da *atividade*, passamos a ter acesso a informações relacionadas ao deutério, que estariam suportadas na memória dos alunos e teriam sido acessadas naquele momento com o intuito de suprir a necessidade de que todos compartilhassem desse saber. Isso somente se tornou possível, pois aceitamos o convite de formarmos uma parceria de aprendizagem entre alunos e professores, o que nos tira da *zona de conforto*, em que há predomínio de controle e previsibilidade, e nos coloca na *zona de risco*, na qual incertezas e imprevisibilidades imperam (BORBA; PENTEADO, 2001).

---

<sup>132</sup> Encontrado por mim a partir de buscas na *internet* e anteriormente ao encontro compartilhado com os demais parceiros no grupo “virtual” da *Modelagem Unifei Itabira*, na rede social *Facebook*.

Naquele encontro, a questão do peso corporal ideal ainda estava, digamos nebulosa para nós; nossas *ações* e idealizações eram realizadas mediante negociação e interação com os (*instrumentos*) que tínhamos em mãos – o artigo estudado, no qual encontramos a QUADRO 1 –, por meio de habilidades de leitura e interpretação (linguagem escrita, que inclui a linguagem matemática escrita) e nossa corporeidade – possibilitou interações por meio de habilidades de debater, discutir e interagir uns com os outros (linguagem falada, que inclui a linguagem Matemática falada e gestos).

**Quadro 1.** Equações utilizadas para cálculo do gasto energético total (GET), segundo a técnica da água duplamente marcada.

Número da equação	Fórmula matemática	Legenda	Observações	Finalidade	Referências
1	$r\text{CO}_2 = \frac{N}{2} \cdot (\text{Ko} - \text{Kd})$	$r\text{CO}_2$ : taxa do fluxo de $\text{CO}_2$ N: conjunto de água corporal Ko: taxa de eliminação do $^{18}\text{O}$ Kd: taxa de eliminação do deutério	A divisão do N por 2 reflete o fato de que uma molécula de $\text{CO}_2$ remove dois átomos de $\text{O}_2$ e uma molécula de $\text{H}_2\text{O}$ só remove um átomo.	Calcular a produção de $\text{CO}_2$ a partir da água duplamente marcada.	Lifson et al. <sup>3</sup> Speakman <sup>1</sup>
2	$r\text{CO}_2 = \frac{N}{2} \cdot [0,078 \cdot (\text{Ko} - \text{Kd}) - 0,0246 \cdot r_{\text{GF}}]$	$r\text{CO}_2$ : taxa do fluxo de $\text{CO}_2$ N: conjunto de água corporal Ko: taxa de eliminação do $^{18}\text{O}$ Kd: taxa de eliminação do deutério $r_{\text{GF}}$ : fator de correção para o fracionamento dos isótopos	$N = \frac{(\text{No}/1,01) + (\text{Nd}/1,04)}{2}$ $r_{\text{GF}} = 1,05 \cdot \frac{(\text{No} - \text{Nd})}{(\text{Ko} - \text{Kd})}$	Idem equação 1, porém incorporando correções quanto ao fracionamento de isótopos e às diferenças de espaço de diluição dos isótopos.	Schoeller et al. <sup>6</sup>
3	$\text{GET} = (3,044 \cdot \text{QR} + 1,104) \cdot r\text{CO}_2$	GET: gasto energético total QR: quociente respiratório $r\text{CO}_2$ : taxa do fluxo de $\text{CO}_2$		Calcular o GET, em kcal/dia.	Weir <sup>7</sup>
4	$\text{QA} = (p \cdot 0,81) + (f \cdot 0,71) + (c \cdot 1,00) + (a \cdot 0,67)$	QA: quociente alimentar VET: valor energético total da dieta p = energia fornecida pelas proteínas/VET f = energia fornecida pelos lipídeos/VET c = energia fornecida pelos carboidratos/VET a = energia fornecida pelo álcool/VET	A energia fornecida por cada componente é calculada multiplicando-se sua quantidade pelos fatores de Southgate & Durnin <sup>10</sup> : 4 (proteínas); 9 (lipídeos); 3,75 (carboidratos) e 7 (álcool). As constantes apresentadas na fórmula são valores clássicos para o QA de cada combustível.	Como não é viável medir o QR em muitos estudos, esta fórmula calcula o QA, que deve ser usado no lugar do QR na equação 3, para que o gasto energético total possa ser calculado.	Black et al. <sup>9</sup>

QUADRO 1 – “Equações utilizadas para o cálculo do gasto energético (GET), segundo a técnica da água duplamente marcada”

Fonte: SCAGLIUSI; LANCHÁ JÚNIOR, 2005, p. 543.

Finalizamos a reunião deliberando que, em casa, leríamos com calma os artigos Weir (1949) e Black, Prentice e Coward (1986), citados no artigo de Scagliusi e Lancha Júnior (2005).

#### 4.1.5.1.4 Quarto encontro

O quarto encontro do GEPMM ocorreu em 22/11/2012 (quinta-feira) e contou com a participação dos docentes Angel e Clarice, e com a minha participação, desempenhando duplo papel – participante do grupo e pesquisadora<sup>133</sup>.

Começamos o encontro discutindo o artigo de Weir (1949). Observamos que esse artigo é bem antigo. Angel, com o artigo impresso em mãos, apontou para o artigo e disse: “*agora tem que ver como que interpreta essas questões, analisa, porque às vezes vai entrar em áreas assim mais complexas que a gente poderá não entender*”. Respondi a ele: “*Isso eu também já consegui perceber Angel. Por isso eu tô pensando, para este tema, a gente tentar arrumar um nutricionista, né, porque ele já tá na área, pra ele ajudar a gente a entender. O que vocês acham da ideia?*”. E Angel respondeu:

*Ah, é bacana porque querendo ou não, agindo dessa forma a gente tá [...] gerando interdisciplinaridade né? Porque a gente tá pegando professores da matemática, professores da matemática mais pura, professores da matemática mais aplicada, pessoas da área de nutrição. Então, é um ambiente bem [interdisciplinar].*

A professora Clarice também se manifestou favorável à integração de uma nutricionista a nossa rede de aprendizagem. Seguimos com as discussões sobre o artigo de Weir (1949), em que pontuei:

*a gente vê um “sisteminha” linear aqui de cara. Que é o que ele [o autor] deve ter estudado. Tá vendo? Então, assim, vamos ter que entender; porque é daqui que surgem aqueles números que estão lá naquelas outras equações [me refiro ao artigo de Scagliusi e Lancha Júnior (2005)]. [...] igual aqui [aponto para a tela do meu computador portátil, onde leio o artigo de Weir (1949) na tela] ele tá usando carboidratos, a proteína e a gordura. [...] talvez a gente possa fazer, tentar fazer uma modelagem mais precisa do metabolismo, porque vocês lembram [...] a questão do **metabolismo basal**, que é aquela coisa do repouso, seu organismo tá gastando, a questão da alimentação que você tá acrescentando e do que você gasta com as coisas do não repouso, né, então são essas **três categorias** que a gente teria que analisar pra poder, é achar essa fórmula que a gente quer – este modelo. Então, num primeiro momento, estamos estudando essa questão que é do metabolismo basal, que ele tem a ver também com o que você tá comendo. Tá vendo que aí já tá misturando essas duas coisas, né? Que tem a ver com o oxigênio, que tem a ver com*

---

<sup>133</sup> Os estudantes José, Pedro e Taty não puderam participar, justificando excesso de trabalhos e estudos acadêmicos. Também, justificando o mesmo motivo, não participaram dos demais encontros (quinto, sexto, sétimo, oitavo, nono e décimo). Uma análise mais pontual sobre esse acontecimento será realizada mais adiante nesta tese, no Capítulo 6, mais especificamente na modalidade analítica descrita em 6.2.

*o gás carbônico que você libera, que é aquela questão da máscara, que o aluno falou né na aula passada; então essas coisas, elas se misturam né?*

Questionei também a metodologia do estudo realizado por Weir (1949), apontando que os alimentos da época eram outros, as gorduras consumidas antes eram, em sua maioria, oriundas de fontes animais; hoje em dia, as gorduras vêm de fontes vegetais. E qual seria o impacto dessa mudança na vida das pessoas? Coincidentemente, aliado a isso, o número de casos de câncer tem crescido de forma assustadora.

E continuei falando: *“pois é, eu tô pensando [...] numa questão aqui, relacionada lá a nebulosos [Teoria Fuzzy] porque [...] se cada um desses parâmetros aí, gordura, tipos de alimentos e tudo mais, cê tem uma certa variabilidade, não tem?”*. Angel e Clarice responderam que sim, e Angel esclareceu:

*Então, você poderia tratar com aquela parte lá daqueles agrupamentos né: onde aqui você tem o centro e a variabilidade [aponta com uma mão representando o centro e a outra se movimenta em volta] [...] e você já gerar os agrupamentos e encontrar um modelo nebuloso para o metabolismo humano. [...] A gente já tem que pensar alto, a gente tem que pensar em publicação! [risos]*

Clarice concordou: *“Isso aí!”*; seguiu nos contando que pensou em um problema para ser colocado na lista de problemas a serem trabalhados no grupo. Vale ressaltar que Clarice, até então, não havia, em nenhum momento, se posicionado com algum questionamento que pudesse vir a ser trabalhado no grupo. Nas palavras dela:

*Eu queria fazer uma pesquisa, é pegar os preços, é o custo de vida hoje e o salário mínimo atual; é o preço de alimentação, é passagem de ônibus, o valor do combustível [...] e ver como que vai tá isso daqui a 2 anos [...] tenho certeza que vai dar uma diferença boa com relação ao salário mínimo né? [...] Isso explica, né, na minha leiga opinião, a violência gente! Não tem como! As pessoas não tão conseguindo viver mais com um salário mínimo! [...] eu tenho muito interesse nisso! Interesse de indignação mesmo!*

Angel e eu gostamos dessa proposta de Clarice, e a colocamos na lista de questões-problema do grupo. Encerramos o encontro deliberando os estudos em casa: ler em profundidade de entendimento o artigo de Weir (1949).

No dia 29/11/2012, comecei uma conversa com uma docente do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Convidei-a para participar das discussões do grupo sobre o tema “fórmula da saúde”, mesmo que apenas virtualmente, por meio das redes sociais ou por outro meio de comunicação a distância. Ela aceitou o convite e passou, assim, a ser uma parceira em nossos esforços coletivos.

No dia 01º/12/2012, a docente da UFOP nos indicou um livro<sup>134</sup> que pode ser acessado na *internet*. No mesmo dia, compartilhei com os demais parceiros o *link* no grupo *Modelagem Unifei Itabira* na rede social *Facebook*.

#### 4.1.5.1.5 Quinto encontro

O quinto encontro do GEPMM ocorreu em 06/12/2012 (quinta-feira) e contou com a participação dos docentes Angel e Robson, e com a minha participação, desempenhando duplo papel – participante do grupo e pesquisadora.

No início da reunião, Angel justificou a ausência de Clarice, com o fato de ela ter que se empenhar em um trabalho a ser entregue, ainda naquela semana, ao professor da disciplina que eles (Angel e Clarice) cursavam como alunos não regulares do programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica na UFMG.

Comentei com os parceiros que o livro digital que a docente da UFOP nos indicou poderia nos ajudar na resolução do problema do peso corporal ideal. No mesmo *site* encontrei vários artigos e livros interessantes. Com o auxílio de um *pen-drive* compartilhei o arquivo digital que continha o livro com os parceiros Angel e Robson, pois eles ainda não o tinham.

A seguir, descrevo uma interação entre nós, ao discutirmos o livro que a docente do Departamento de Nutrição da UFOP nos indicou:

**Eu:** *Cê lembra um dia que a gente colocou: o peso da pessoa, ele influencia na atividade [física]? Olha pra você ver que interessante: tem um gráfico na página 891, que ele [o autor] coloca – atividade física; coloca as quilocalorias gastas por hora e coloca o gasto da pessoa. Ele coloca o impacto do peso no gasto de energia né? Nas velocidades 2,3,4 ou 5? Agora, qual atividade é essa? Então, a gente podia partir desses dados que estão aqui, por exemplo, talvez fixando em um capítulo ou outro.*

**Angel:** *aqui é caminhando.*

**Eu:** *é caminhando? Tá vendo que interessante; eu acho assim, interessantíssimo isso! Agora, cê vê que tudo aqui é linear, né? Será que daria pra gente pegar esses mesmos dados e tentar trata-los de outra maneira? Tá vendo, oh, cê caminhar na velocidade 2, se você tiver 60 kg cê vai queimar 150 calorias, mas se você tiver 130 kg cê vai queimar 300 e tantas calorias! [...] ele [o autor] colocou homens e mulheres?*

**Robson:** *de repente não tem tanta diferença homens e mulheres.*

**Eu:** *tem; pior é que tem!*

**Robson:** *[em tom surpreso] tem? Tem?*

<sup>134</sup> Livro intitulado *Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids (macronutrients)*. Disponível em: <[www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=10490](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=10490)>.

**Eu:** *por exemplo, o consumo de proteínas em homens e mulheres ele é assim assustador menos. A mulher precisa consumir bem menos proteínas do que o homem.*

**Robson:** *sério? Incrível heim? Bem interessante!*

**Eu:** *lá na página 893 ele divide só pro homem. Esse “m” aí é minuto? (...) aí depois ele coloca o das mulheres. Olha como é diferente Robson!*

**Robson:** *humhum. Aí eu fico pensando: como é que ele tirou esses valores? Né? Tem duas possibilidades: ou ele tira da pessoa ali fazendo o tal exercício, é coletando assim as perdas de calor, aquela coisa de tá numa câmara fechada e tal, mas eu acho que de repente pegou um enfoque teórico que é a queimadas calorias por meio das reações que gerariam o ciclo de KREBS que é a queima de toda energia eu nós temos nas células. [...] No nosso corpo tem dois processos básicos: o **catabolismo** e o **anabolismo**. Os processos metabólicos levam a duas coisas: no catabolismo, o alimento que você come ele tende a construir outras coisas, por exemplo, massa muscular, é, construir tecidos, e depois tem o anabolismo que você tem processos que tendem a gerar energia e gerar subprodutos.*

**Eu:** *Angel, Robson, esse mph seria o ritmo, a velocidade? [apontando para o livro em arquivo aberto na tela do meu computador portátil]. Olha que chique Robson, ele coloca para várias atividades, voleibol, andando, 2 mph, tá vendo, ele tem a velocidade, esse mph – aeróbica, tênis, ciclismo moderado...*

Em busca de mais informações sobre a problemática, nos dirigimos à página 900 do mesmo livro, na qual encontramos algumas tabelas explicativas. Observando as tabelas, comecei a socializar com os parceiros uma série de ideias sobre a questão perseguida por nós, como segue:

*O que eu pensei de início, era a gente criar uma equação que você dá de entrada a atividade que você está fazendo, tipo assim, como se você pudesse fazer uma **medida** de tudo o que você faz ao longo de uma semana [...] pra conseguir fazer um cronograma: do que fazer em termos de atividade física e do que comer em termos de alimentação pra te dar um resultado que você já queira. Só que isso, a gente tá vendo, depende de você ser homem, depende de você ser mulher, depende de seu peso, tá vendo, tem vários [...] porque, assim, **quando a gente vai num nutricionista**, eles te dão uma fórmula **como se todo mundo fosse igual**, entendeu? E aí, pelo o que eu tô vendo aqui, principalmente com esse livro [...] é que cada pessoa depende do **peso**, da **idade**, depende do seu **gênero** e depende da sua **altura**, né, essas variáveis são as mínimas pra você ter uma fórmula! [...]*

Após o compartilhamento dessas ideias, Angel se mostrou bem animado e acrescentou: “*mas a gente pode fazer um software pra fazer isso uai [...] primeira coisa que a gente tem que fazer é levantar todas as equações que me dão essa resposta e depois a partir dessas equações chegar em talvez...*”

Em seguida, seguimos discutindo e interagindo, como segue:

**Eu:** *Na verdade, vai dar um **sistema**. Vai dar um sistema de interdependência aqui [aponto para três lugares distintos na mesa, como se representassem três ‘caixinhas’] [...] as variáveis peso, altura, gênero e idade, na verdade elas não vão ser variáveis, elas vão ser uma constante, ou seja, ela é variável do ponto de vista de cada um [cada pessoa], mas para a fórmula ela vai ser uma constante [...] aí a gente coloca essa variáveis só com coeficientes da equação.*

**Robson:** *nossa... você é show de bola heim?*

**Angel:** *tem alguma equação aí [no livro] já pronta?*

**Eu:** *não, nenhuma pronta!*

**Robson:** *mas essa abordagem vai facilitar a montagem da equação!*

**Eu:** *inclusive, perguntei à docente da UFOP, e ela falou que é isso aqui que a gente tem, entendeu? É isso e **não tem nada além disso**, entendeu?*

**Angel:** *hoje, isso daqui [o livro] então é o supra sumo do que tem sobre isso?*

**Eu:** *exatamente, é o resumo de tudo o que se tem entendeu? Que é o que eles [nutricionistas] se apoiam mesmo é nesse livro. Vamos tentar achar a questão da taxa de [...] porque todos os três são energias né? Tipo assim, **melhorando esse modelo básico** seria: o tanto de atividade física, ou seja, o gasto calórico, porque na verdade, essas três coisas são energias, tanto do alimento que é energia que entra, quanto do exercício que é uma energia que sai desse sistema e o basal também é uma energia que vai tá sendo gasta. Vamos tentar equacionar, como se fosse assim: o gasto energético, a taxa de energia, não importando se ela é uma taxa positiva ou uma taxa negativa. O quê que vocês acham?*

**Robson:** *razoável!*

**Eu:** *porque se a gente coloca assim as três equações como taxas de energia, né é claro que elas vão se alterar né, uma vai ser, sei lá, P, a outra Q, a outra R...*

**Angel:** *Tá, mais aí se você pensar na questão de classe já tem que pensar no que você tá querendo vincular, edo, pra depois encontrar o resto, é, essa que é a sua ideia? Aí cê teria que pensar qual seria a antiderivada dessa taxa, relacionada a essa parte de dieta, porque lá na parte de física, de Cálculo **a gente sabe** o quê que está relacionado com o quê; agora nessa parte daqui eu já **não sei** [risos].*

**Eu:** *então a gente vai ter que buscar nos dados que a gente já tem mapeados nesse livro por exemplo. Talvez a gente pudesse começar com a terceira que é a parte da atividade física, entendeu? [...] eu não sei se vai dar pra ser uma **edo bonitinha** ou se na verdade isso daí é um trem **nebuloso**, entendeu? Porque cada um vai se subdividindo entre outros, e outras...*

Com essas informações em mãos, decidimos por aceitar e acatar o que nos foi informado pela docente do Departamento de Nutrição da UFOP. Segui criticando a “padronização” das consultas de nutricionistas e educadores físicos: “*você vai, consulta, faz tudo o que o profissional te falou e não vê resultados? Qual o problema?*”.

Encerramos o quinto encontro deliberando que deveríamos ler com mais profundidade o livro indicado pela docente da nutrição.

Depois disso, na manhã do dia 17/12/2012, véspera do sexto encontro do GEPMM, na sala dos professores da instituição em que leciono, ao folhear uma revista chamada *Cálculo* (ano 2, número 20, setembro de 2012, editora segmento), li a seguinte frase na parte inferior da capa: “EXTRA! EMAGRECER DEMORA TRÊS ANOS!”. Na matéria da revista, obtive a seguinte informação:

Carson e Kevin, dois cientistas americanos, descobriram que o corpo reage aos novos hábitos alimentares de modo exponencial (mais ou menos do tipo  $e^{-x}$ ). Quanto maior o peso de Ivan [uma personagem da matéria], mais depressa ele perde peso ao começar uma nova dieta, a perda de peso desacelera bastante – quanto mais peso Ivan perde, mais devagar ele perde peso. (o mesmo vale para ganhar peso: uma pessoa gorda, se ingerir 10 calorias desnecessárias, engordará mais que uma pessoa magra). O modelo matemático dos dois cientistas usa um grande número de variáveis para ver como o corpo deve comportar, incluindo altura, sexo, peso, grau

de atividade física, ingestão de calorias, perfil dos alimentos ingeridos, tempo entre as refeições. *O problema é que tal modelo serve bem para cientistas e nutricionistas, mas não serve para pessoas comuns.* [...] Os dois pesquisadores colocaram um simulador no portal do NIH, que pode ser usado tanto por nutricionistas quanto por pacientes (<http://bwsimulator.niddk.nih.gov/>). [...] Ele mostra gráficos também (p. 29, grifo meu).

Ao chegar em casa, imediatamente, acessei o *site* <http://bwsimulator.niddk.nih.gov/> para tentar entender o que os pesquisadores fizeram; desde o início percebi que o que eles fizeram convergia bem com as nossas ideias.

Imediatamente, após acessar o *site*, compartilhei essas informações com os demais parceiros do grupo, incluindo a docente<sup>135</sup> do Departamento de Nutrição da UFOP.

#### 4.1.5.1.6 Sexto encontro

O sexto encontro do GEPMM ocorreu em 18/12/2012 (terça-feira) e contou com a participação dos docentes Angel e Clarice, e com a minha participação, desempenhando duplo papel – participante do grupo e pesquisadora.

Comecei o encontro contando para os parceiros como tive acesso a essa nova fonte de informações, conforme já relatado acima. Pegamos meu computador portátil e acessamos o site <http://bwsimulator.niddk.nih.gov/> em busca de reconhecer as potencialidades deste (incrível) novo *instrumento*. Nisso, começamos a seguinte interação:

**Eu:** *Ela [a docente da UFOP] me explicou o seguinte: a pessoa quando faz o exercício físico [...] o exercício físico altera o metabolismo basal que é aquele de repouso: ele vai acelerar o metabolismo basal; e aí, às vezes, vamos supor que a pessoa começa a fazer uma dieta: ela comia 2500 calorias por dia, passa pra 2000, ou seja, o organismo dela tava acostumado com 500 calorias a mais. Na teoria assim, que não é a teoria de verdade, a gente ia achar que essa pessoa vai emagrecer.*

**Clarice:** *Mas eu juro que vai emagrecer! Não me desmente!* [risos]

**Eu:** *Não vai emagrecer necessariamente! Por quê? Porque seu organismo ele vai lutar pra manter a gordura, porque isso é uma questão de sobrevivência do organismo. Então, o organismo vai fazer o quê? Ele vai começar a economizar o seu gasto [...] enquanto mais músculos a pessoa tem mais é o gasto. [...] e tem mais: vamos supor, você passou de 2500 para 2000, não emagreceu e desistiu da dieta, aí*

<sup>135</sup> A referida docente não faz parte dos sujeitos que constituem os dados construídos para a presente pesquisa, apesar de ter participado na resolução da modelagem do peso corporal ideal. Decidi não considerá-la como sujeito por não ser uma participante do contexto formativo analisado – formação em Engenharias. Na atividade de Modelagem analisada nesta parte da tese, a docente pode ser considerada como uma fonte externa de informações.

*you* volta a comer 2500, aí *you* vira uma baleia! Porque ele [o organismo] acostumou a viver com 2000!

**Angel:** Efeito “rebote”.

**Eu:** *Pra engordar é exponencial! [...] Como de fato o exercício impacta no metabolismo, com o passar do tempo? Ela [a docente da UFOP] não soube me dar essa resposta. [...]*

**Clarice:** *É mais ou menos assim: olha, *you* fez regime, emagreceu, passe o resto da vida fazendo exercício e regime!*

**Eu:** *Exatamente isso!*

Com essa afirmação, compreendemos melhor a problemática estudada por nós.

Em seguida, pontuo que no <http://bwsimulator.niddk.nih.gov/>, os pesquisadores oferecem um campo de resultados para a questão da “dieta de manutenção”, já levando em conta esse entendimento de que são necessárias adaptações permanentes na dieta para manter-se com o peso desejado, o que muitas vezes pode ser conhecido como “reeducação alimentar”.

Encerramos o encontro deliberando que precisávamos estudar as equações que estavam por trás ou “dentro” do *software* que compilava os resultados no *site* <http://bwsimulator.niddk.nih.gov/>. Tais equações podem ser encontradas no mesmo *site* ou pelo *link* [http://bwsimulator.niddk.nih.gov/Hall\\_Lancet\\_Webappendix.pdf](http://bwsimulator.niddk.nih.gov/Hall_Lancet_Webappendix.pdf).

#### 4.1.5.1.7 Sétimo encontro

O sétimo encontro do GEPMM ocorreu em 07/02/2013 (quinta-feira) e contou com a participação dos docentes Angel e Clarice, e com a minha participação, desempenhando duplo papel – participante do grupo e pesquisadora.

A docente Clarice começou a reunião tecendo o seguinte comentário: “*O que eu acho interessante é que quando *you* propôs o tema, eu não me animei tanto, nem o Angel quanto os alunos!*”. A docente reclamou da não participação dos alunos, que, inicialmente, mostraram-se interessados e depois foram deixando de participar totalmente do grupo.

Nesse sétimo encontro, tentamos discutir<sup>136</sup> detalhadamente conceitos e modelos presentes no artigo que diz respeito à *Modelagem Matemática Dinâmica do peso corporal*<sup>137</sup>. Contudo, não conseguimos entendê-lo em sua totalidade e, então, combinamos de sozinhos,

<sup>136</sup> Tal discussão será mais bem relatada e analisada mais adiante neste mesmo capítulo.

<sup>137</sup> O texto pode ser encontrado em [http://bwsimulator.niddk.nih.gov/Hall\\_Lancet\\_Webappendix.pdf](http://bwsimulator.niddk.nih.gov/Hall_Lancet_Webappendix.pdf).

em casa, estudarmos o artigo e, depois, num próximo encontro, socializarmos nossos entendimentos com os demais *sujeitos* do grupo.

#### 4.1.5.1.8 Oitavo encontro

O oitavo encontro do GEPMM ocorreu em 16/04/2013<sup>138</sup> (terça-feira) e contou com a participação dos docentes Angel e Clarice, e com a minha participação, desempenhando duplo papel – participante do grupo e pesquisadora.

Anteriormente ao oitavo encontro, a docente Clarice havia manifestado desejo em desenvolver *atividades* de Modelagem Matemática nas turmas da disciplina Cálculo II que ela lecionava naquele semestre letivo. Contudo, percebi que ela se sentia ainda insegura quanto ao desenvolvimento de tal atividade, devido ao fato de as turmas serem compostas por 75 alunos; ela temia que os alunos pudessem ter dificuldades de realização da atividade, visto que, apenas um professor não daria conta de auxiliar 75 alunos de uma só vez. Sabendo desse desejo de Clarice, comecei a reunião com o objetivo de idealizarmos as *ações* necessárias para tal efetivação na realidade da sala de aula das turmas de Cálculo II sob a responsabilidade de Clarice e Angel. Segue o trecho extraído da transcrição das gravações em áudio e vídeo do oitavo encontro:

**Eu:** *Bom, antes de a gente começar a discutir o artigo em si [que havia sido estudado no encontro anterior e seria retomado neste], eu queria falar das coisas extras, extra artigo no momento. Primeiro é a proposta da Clarice sobre a gente fazer a modelagem no dia 30 na sala [de aula].*

**Clarice:** *Não. No dia 30 fazer na sala não, no dia 30 preparar ela pra fazer.*

**Eu:** *Preparar é, a partir do dia 30, pra depois do dia 30, lá pelo final de maio.*

**Angel:** *Seria a Modelagem em Cálculo II?*

**Clarice:** *É. Na minha sala e na sua como um trabalho e a Rutyele vai nos ajudar.*

Nesse momento, podemos perceber um “gêrmem” de *atividade* sendo elaborado, um novo *objeto* sendo traçado e esboçado ainda num plano da consciência coletiva dos *sujeitos* partícipes. Podemos analisar que os docentes estavam em busca de transformações efetivas de suas *atividades* de ensino dentro da sala de aula. As discussões do grupo, as leituras, as interações mediadas por finalidades, podem ter suscitado a necessidade de negar

---

<sup>138</sup> O mês de março foi de férias para os docentes e discentes da UNIFEI, devido à greve histórica da categoria docente das universidades federais brasileiras, ocorrida no ano de 2012. Dessa forma, somente no dia 16 de abril conseguimos nos reunir novamente.

de alguma forma as práticas presentes dentro da sala de aula e propor uma nova forma de *atividade*, um contexto alternativo que idealmente modificaria o *objeto* das aulas tradicionais das disciplinas de Cálculo naquele período (especificamente da disciplina Cálculo II). A negação se deve ao fato de que “se o homem aceitasse sempre o mundo como ele é, e se, por outro lado, aceitasse sempre a si mesmo em seu estado atual, não sentiria a necessidade de transformar o mundo nem de transformar-se” (SÁNCHEZ VÁZQUEZ, 1977, p. 192).

Um novo e expandido *objeto* estava por ser configurado. Tínhamos um contexto real a ser considerado: a realidade da disciplina de Cálculo II, a ementa da disciplina, a cultura já definida pela prática tradicional de ensino de Cálculo II, o tempo delimitado para a realização das *atividades*, entre outros fatores. Enfim, o *objeto* do *scholl-going* estaria convivendo com esse novo *objeto* que, naquele momento, estava sendo moldado coletivamente. Mas, com qual finalidade estávamos moldando este novo *objeto*? Por um lado, devemos considerar o fato de que “a relação entre pensamento e ação requer a mediação das finalidades que o homem se propõe” (SÁNCHEZ VÁZQUEZ, 1977, p. 192). Por outro lado, para que as finalidades não fiquem limitadas a meros desejos ou fantasias se torna necessária, antes de qualquer coisa, a realização de *idealizações* de forma a conhecer, a priori, o *objeto* que orientaria as “ações” da *atividade* antes mesmo de ele se tornar real, ou seja, isso requer “um conhecimento de seu objeto, dos meios e instrumentos para transformá-lo e das condições que abrem ou fecham as possibilidades dessa realização” (SÁNCHEZ VÁZQUEZ, 1977, p. 192). Nesse sentido, continuamos com as *idealizações* do novo *objeto*:

**Angel:** *Sim. Tá, mais aí essa modelagem é com base no conteúdo de Cálculo II e Séries?*

**Clarice:** *Não. O tempo todo.*

**Angel:** *Modelagem genérica, qualquer coisa?*

**Eu:** *É. Qualquer coisa.*

**Clarice:** *É porque às vezes a gente acha mais interessante algum que envolva campos ou equações diferenciais.*

**Angel:** *Tá, mais aí essa proposta vai ser pra eles fazerem durante o resto do semestre?*

**Clarice:** *Não, a gente vai fazer em uma das aulas.*

**Eu:** *Em duas aulas no máximo. Fazer algo simples. Levar um probleminha bem simples do mundo real e que eles façam. Aí, se vocês quiserem depois que isso: ah não a gente quer gastar uma semana, ou um mês, aí a gente pode pensar em algo com esta duração, entendeu?*

**Clarice:** *Não dá pra gastar um mês não. Toma muita aula. Eu acho. [risos]*

**Eu:** *É. Tem esse problema.*

Observemos que, naquele momento, um dilema potencialmente incorporado veio à tona: como propor *atividades* de Modelagem Matemática em salas de aula da disciplina de Cálculo II em cursos de Engenharia e, ao mesmo tempo, cumprir a ementa da disciplina?

Adicione ainda o fato de ser a primeira vez que os professores participariam de *atividades* de modelagem em sala de aula. Nesse dilema, os professores continuam realizando idealizações em busca de um novo *objeto*, que estaria relacionado ao objetivo de ensinar os conteúdos de Cálculo II de forma que tais conteúdos sejam tomados como *instrumentos* de uma *atividade* em vez de *objeto*.

Dessa forma, havia um desejo de transformar e modificar o “olhar” sobre os conteúdos de cálculo, tornando-os cálculo em *ação*, como *instrumentos* mediadores de *ações* realizadas pelos *sujeitos* (discentes de cursos de Engenharia) orientados pelo *objeto* (questão-problema não matemática), em vez de sempre estarem sendo tomados como *objeto* de uma *atividade* (*school-going*) historicamente e tradicionalmente constituída. Na tentativa de minimizar a tensão entre cumprir a ementa e propor *atividades* de Modelagem em sala de aula, continuamos dialogando e tentando idealizar um *objeto*, considerando os meios, os *instrumentos* e as *condições* para sua realização:

**Eu:** *Ela [a Clarice] pode separar os alunos por curso. Fazer os grupos por curso. Tipo assim oh: você é aluno da Mecânica? Você só pode ficar em grupo de gente da Mecânica, entendeu? Ela pode fazer isso. Porque aí, não precisa ser o mesmo tema pra todo mundo. Inclusive, eles mesmos podem trazer os modelos de solução e socializar “pro resto” da turma. Então, mesmo que o cara lá da Mobilidade não tenha nada a ver, digamos, num primeiro momento com a Mecânica, mas às vezes o problema que os meninos da Mecânica vão resolver, vai também ter, né, produzir um significado bacana pros outros.*

**Angel:** [Balança a cabeça assertivamente]

**Clarice:** [Balança a cabeça assertivamente]

**Angel:** *É, aquela parte lá de várias variáveis que envolvem volumes e tudo mais, dá pra pensar umas situações reais assim bem bacanas, ligadas à produção ou alguma coisa do gênero. Ou problemas até, aí já puxando a sardinha, né, pro meu lado, de Otimização né, que utiliza multiplicadores de Lagrange e tudo mais, que é uma parte também que eles vão ter que ver.*

**Clarice:** *É.*

**Eu:** *Eu acho que problemas de otimização daria pra fazer em todas as áreas.*

**Clarice:** [Balança a cabeça assertivamente] *Humhum.*

**Eu:** *Igual, da Produção, da [...] de todas as áreas ali dá. E usaria a mesma matemática né assim, a mesma ferramenta pra ser resolvido [o problema].*

**Angel:** *Sim, dá.*

**Eu:** *Vamos pensar. Dia 30 a gente senta e discute o quê que seria mais viável de fazer.*

**Angel:** *Humhum. Beleza.*

**Clarice:** [Balança a cabeça assertivamente]

No referido momento, estávamos colocando em relevo as condições para a realização da atividade, baseados no cumprimento de alguns conteúdos da ementa da

disciplina, dentre eles, os *Multiplicadores de Lagrange*<sup>139</sup> que, por sua vez, abarcam outros conteúdos a serem estudados pelos alunos na referida disciplina, dentre os quais podemos enfatizar o conceito de derivada parcial. Sendo assim, poderíamos escolher questões-problema que abarcassem tais conteúdos, constituindo condições iniciais de um processo que elencaria outros conteúdos abarcados na ementa da disciplina de forma a considerá-los *instrumentos* necessários para a resolução/entendimento de tal questão-problema. Nesse sentido, os conteúdos de Cálculo II poderiam ser desenvolvidos sob a orientação de uma finalidade, um *objeto*, definido como sendo/estando mais próximo do *objeto* a ser considerado no que tange ao *objetivo* de formação em Engenharia.

Nisso, o que pode ser colocado em relevo é a própria finalidade da constituição do GEPMM na UNIFEI-Itabira. Estando baseado no *contexto da aprendizagem expansiva*, que se aproxima das finalidades preconizadas pela abordagem do PBL, conforme exposto no Capítulo 3 deste texto, o *contexto* que define e ao mesmo tempo é definido pelo grupo como um espaço formativo enfatiza a necessidade de se elaborar novas formas de práticas formativas, que aconteçam uma *atividade* objetiva, real, isto é, uma nova forma de práxis formativa. Vale ressaltar que o objetivo da presente pesquisa sempre esteve vinculado a tal finalidade, com o intuito de estudar/analisar o que acontece em termos de *aprendizagens expansivas*, nesse contexto formativo.

Depois de termos dedicado esforços na idealização de um novo *objeto* a ser levado para as *práxis* formativas que ocorrem no decorrer da disciplina Cálculo II, começamos a interação uns com os outros por meio de linguagem falada e gestos, e com o texto<sup>140</sup> (artigo) estudado na reunião anterior mediado pela linguagem escrita, que inclui a linguagem escrita matemática impressa no texto no que tange aos modelos matemáticos suportados por tal mídia. O seguinte trecho, extraído das transcrições da filmagem em áudio e vídeo do oitavo encontro, nos mostra outras *ações* que se fizeram necessárias para darmos continuidade à *atividade* presente cujo *objeto* consistia no que denominados por peso corporal ideal. A saber:

**Eu:** [Com o texto do webappendix em mãos] *Então, olha só, eu dei uma procurada é pra tentar entender essas equações, então, eu cheguei na seguinte conclusão: esse glicogênio ele é um hormônio que ele é ativado pela insulina do sangue. Então, ele tem relação direta com a insulina. Aí, eu fui olhar na (...) dei uma procurada na internet e achei umas coisas, por exemplo: é a insulina tem um hormônio ligado a*

<sup>139</sup> Teoria desenvolvida pelo matemático Lagrange cuja utilidade se encontra na resolução de problemas de otimização que sob certas condições admitem máximos e mínimos locais de funções de  $n$  variáveis condicionados a uma restrição. Para mais detalhes, confira Gonçalves e Flemming (2007).

<sup>140</sup> O texto pode ser encontrado em [http://bwsimulator.niddk.nih.gov/Hall\\_Lancet\\_Webappendix.pdf](http://bwsimulator.niddk.nih.gov/Hall_Lancet_Webappendix.pdf).

*ela que são responsáveis por armazenar gordura no organismo; e tem esse glucagon ou glucacôn e um outro hormônio que chama hsl que ele é responsável por fazer o papel contrário que é queimar a gordura. E aí é (...), então, esse glicogen [continuo apontando a lapiseira para o texto impresso] que tem aqui; esse glicogênio ele é algo que é ativado pela insulina do sangue. Quando você ingere carboidrato, que é a massa, né, essas coisas que, é açúcares, a insulina ela tem que ser ativada pra poder combater, isso, digerir isso no seu organismo. E aí, dependendo do tanto de carboidrato que você come sempre esse G, ele é ativado pelo carboidrato ingerido, entendeu? Então, na verdade, essa parte aqui oh, esse [indico com a lapiseira no texto], na verdade ela é sempre uma coisa (...) esse  $K_G G^2$  na verdade ele fica sempre maior do que o carboidrato que você ingere, porque esse G ele é ativado pelo CI no organismo. Entendeu?*

**Clarice:** [Olha pra mim com ar de interrogação. Em seguida balança a cabeça assertivamente] *Humhum.*

**Angel:** *Humhum.*

**Eu:** *Então, essa parcela  $K_G G^2$ , tá vendo que o  $K_G$  é o  $CI_b$  sobre  $G_{init}^2$ . É como se você tivesse pegando aqui um zero né? [no sentido de condição inicial] Esse  $K_G$ ?*

**Angel:** *Humhum [balança a cabeça assertivamente].*

**Eu:** *Esse  $K_G$  é pra exatamente manter essa parcela aqui, sempre uma parcela, o  $K_G G^2$  maior do que o CI.*

**Angel:** *Tá, mais aí vai dar negativo uai. Se  $K_G G^2$  é maior que CI então essa diferença vai dar um sinal negativo?*

**Eu:** *É [balança a cabeça assertivamente], pra dar um resultado negativo. Porque aí quando você joga isso daqui oh [aponto pras equações da página 2] menos o que era negativo fica mais [no sentido de ser positivo]. Entendeu?*

**Angel:** *Hum. Hum. Humhum.*

**Eu:** *Então, menos o que seria um decréscimo, digamos assim, aí vai ficar mais aqui oh. Você lembra que é o que a gente tava discutindo na última reunião, que era essa questão aqui de tentar entender? [direciono a pergunta para Angel].*

**Angel:** *É porque os dois termos são iguais, o que diferencia é o  $1 - p$  e  $p$ .*

**Eu:** *Isso. Humhum.*

**Angel:** *Aí, um tava relacionado ao corpo gordo né e o outro ao corpo “lean”, que é o corpo fino, né, vamos dizer assim, né, magro.*

**Eu:** *Humhum. Massa magra e massa gorda.*

**Angel:** *Isso, exatamente. Que a gente não tinha entendido porque que daria um resultado (...) ambos dariam pelo jeito positivo.*

Observemos que neste momento uma *ação* adicional pôde ser percebida: a busca de informações na *internet*. As possibilidades de buscas de informações foram potencialmente ampliadas nos últimos anos com o crescente acesso e uso de *instrumentos* de busca na *internet*. Podemos considerar, inclusive, que a maioria de nossas atuais *atividades* cotidianas pode ser mediada pela *internet*. O uso da *internet* configurou-se como um importante *instrumento*, podendo ser considerado como facilitador no que tange ao acesso às informações relacionadas ao *objeto* de nossa *atividade*. Análises mais pontuais sobre tais possibilidades interativas serão mais bem evidenciadas mais adiante, ainda neste capítulo.

Seguimos até o fim do oitavo encontro, interagindo com o artigo em questão, dedicando esforços para o pleno entendimento dos modelos ali impressos. Contudo, terminamos a reunião ainda com uma interrogação relacionada à décima equação impressa no referido artigo: “*de onde ele [o autor] tirou esse modelo?*”, pergunto eu. Clarice pontua que o

autor citou a referência [20] para chegar ao modelo (10)<sup>141</sup>. Seguimos debatendo sobre nossa dúvida e chegamos à conclusão de que o autor isolou a variável peso ( $BW$ ) na equação (9) e derivou em relação ao tempo, chegando, assim, na equação (10)<sup>142</sup>. Combinamos de tentar fazer isso com calma em casa e vermos se essa seria a resposta para o questionamento exposto anteriormente. Encerramos a reunião com a seguinte reflexão:

**Clarice:** *É... mais ainda fica aquela coisa né, achamos que é isso* [gesticula com os dedos no sentido de entre aspas].

**Eu:** *É... mais quem que confirma que é né? A gente tinha que ter alguém assim mais da nutrição pra poder (...).*

**Clarice:** *Pra poder confirmar essas coisas né?*

**Eu:** *Porque assim, o que os números dizem? Os números dizem isso. Mas, é isso mesmo? Como obter alguém pra falar: não, é isso mesmo.*

**Clarice:** *Isso. Fica um pouco de interrogação né?*

**Eu:** *Humhum. Então, aí agora Clarice, eu acho que o próximo passo é a gente, é, entender esse restinho né, e eu acho que agora tá bem mais simples.*

**Clarice:** *É, eu acho que aqui a gente termina dia 30.*

Como estávamos enganadas quanto à simplicidade do que estaria por vir. A certeza que tínhamos naquele momento é de que ainda havia uma interrogação quanto ao entendimento daquela equação: de onde o autor tirou a equação (10)?

#### 4.1.5.1.9 Nono encontro

O nono encontro do GEPMM ocorreu em 30/04/2013 (terça-feira) e contou com a participação dos docentes Angel e Clarice, e com a minha participação, desempenhando duplo papel – participante do grupo e pesquisadora.

Começamos a reunião discutindo sobre a necessidade de encontrarmos alunos para nos ajudar na finalização da *atividade* de entendimento/solução da problemática questão do peso corporal ideal. Como poderíamos recompensar o engajamento dos alunos no grupo: distribuição de pontos na disciplina Cálculo II? Oferecimento de bolsas de pesquisa? As duas alternativas pareceram problemáticas num primeiro momento. Primeiro, quanto à possibilidade de distribuição de pontos, podemos considerar o seguinte trecho extraído da transcrição das filmagens da oitava reunião:

<sup>141</sup> [http://bwsimulator.niddk.nih.gov/Hall\\_Lancet\\_Webappendix.pdf](http://bwsimulator.niddk.nih.gov/Hall_Lancet_Webappendix.pdf).

<sup>142</sup> A equação (10): 
$$\left[ \frac{\eta_F + \rho_F + \alpha \eta_L + \alpha \rho_L}{(1-\beta)(1+\alpha)} \right] \frac{dBW}{dt} = \Delta EI - \frac{1}{(1-\beta)} \left[ \frac{\gamma_F + \alpha \gamma_L}{(1+\alpha)} + \delta \right] (BW - BW_0)$$

**Eu:** [...] *Aí na hora que você oferece 10 pontos eles vêm participar?*

**Clarice:** *Porque eu tenho alunos que não tiram 10 em 100. [risos] Então, 10 pontos pra ele é um brinde. [...] E os alunos aqui tem uma preocupação enorme com coeficiente.*

**Eu:** *Mas você acha que ele [o aluno] viria e que ele faria o serviço ou não?*

**Clarice:** *Viria, mas como é que eu tô te falando, porque, faria o serviço? [balança a cabeça negativamente] Não, não faria. Talvez nos primeiros dias ele tentaria mas eu não sei até onde ele conseguiria. A preocupação é apenas ponto, ponto e ponto.*

Naquele momento, a opção de distribuição de pontos pareceu não resolver o problema da falta de interesse por parte dos alunos no que diz respeito à participação no grupo. Parece ser consensual entre nós, docentes, que, geralmente, os alunos dedicam esforços sempre na direção da obtenção de pontos para serem aprovados nas disciplinas, especialmente, nas disciplinas de Cálculo que são responsáveis por grande parte das reprovações em cursos de Engenharia, podendo até mesmo ser consideradas como fator de desistência e evasão desses cursos. Caso os docentes decidissem pela distribuição de pontos nas respectivas disciplinas de Cálculo que lecionavam para que os alunos participassem do GEPMM, a Teoria da Atividade nos ajuda a perceber que os alunos poderiam estar orientados para a pontuação a ser obtida e não para o *objeto* idealizado do GEPMM - resolução das questões-problema não matemáticas e a própria formação.

Em segundo lugar, o oferecimento de bolsas aos alunos que aceitassem o convite de participação no grupo, estaria condicionado ao registro do GEPMM no diretório de grupos de estudos e pesquisas do CNPq, sendo que somente docentes que possuem o título de doutorado podem registrar grupos de pesquisa em tal diretório. O único docente que estaria, portanto, em condições de registrar o GEPMM seria o Robson, que possui o título de doutor. Contudo, Robson havia, até então, participado apenas do terceiro e do quinto encontro do GEPMM; sempre se mostrava ocupado demais ou em viagens de trabalho. Mesmo assim, estando restritos a tal condição, insistimos com Robson para que ele registrasse o grupo no diretório do CNPq.

Dando prosseguimento ao relato do nono encontro, Angel nos contou que havia mudado a dinâmica da disciplina de Cálculo II e que em certos momentos trabalharia com problemas reais que tivessem relação aos conteúdos da referida disciplina. Isso pode demonstrar que realmente Angel está motivado a realizar mudanças quanto às práticas formativas que ele tem participado como docente da disciplina de Cálculo II em cursos de Engenharia. Angel pontuou, também, mudanças no que se refere ao trabalho em equipe dentro de sala de aula e acabou gerando a seguinte discussão:

**Angel:** [...] eu mudei essa questão de disciplina e agora tudo tem que ser feito em equipe. Então, eles [os alunos] já chegam já forma lá os grupinhos lá que vai ficar até o final do semestre e tudo mais e assim, eu vejo que existe essa **interação**, igual eu passo nos grupos lá, tem um que fala mais e que sabe mais explicando pros outros colegas, discutindo o assunto, entendeu? Então assim, nossa, eu fico satisfeítíssimo! Entendeu, vendo esse tipo de conduta.

**Clarice:** Não ponho muita fé não. Muito pouca fé. [risos]. Nó! [balança a cabeça indicando negatividade].

**Eu:** Mais é Clarice, tem que mudar, é isso. O problema é que o ensino tradicional, ele tá falido há muitos anos e a gente não consegue perceber.

**Clarice:** Pois é, mais eu tô dizendo assim, é, infelizmente, igual no meu grupo [na sala de aula de Cálculo II em que leciona], posso passar isso lá, alguns vão me enganar, entendeu: Eu tô chateada por isso mesmo, porque tão tentando me enganar!

**Eu:** Não, mais eles [alguns alunos] vão tentar burlar o sistema. Sempre vai ter.

**Angel:** Claro.

**Clarice:** Isso. Eles montam o grupo lá, às vezes sim, o seu grupo tem sete [alunos] e tem três interessados, os outros humhum, humhum e, sabe? Não sei. Então assim, não é ainda (...).

**Angel:** Tá, mais aí como que você mapeia e pune esses que estão igual eu falei lá (...).

**Clarice:** Não pune. Você não consegue punir num trabalho(...).

**Angel:** Na avaliação uai!

Observe que, nessa discussão, dois fatores principais quanto ao trabalho em grupo sendo realizado dentro da *práxis* formativa em salas de aula de Cálculo II podem ser colocados em relevo. Por um lado, ao realizar *atividades* em grupo, os alunos têm ampliadas as possibilidades de interações, o que, sem dúvida, pode ampliar as possibilidades de aprendizagens; por outro lado, os alunos que não se engajarem na *atividade* de fato, acabam podendo mais facilmente tentar “burlar” o controle exercido pelo professor, principalmente no que tange à punição, que pode, inclusive, continuar a ser exercido pela avaliação escrita, individual e, na maioria das vezes, sem consulta, conforme preconizado por Angel, que seguiu nos contando:

**Angel:** Igual, por exemplo, igual, porque eu adoto muito esse método porque é da onde que eu dei aula que é lá no Pitágoras, que tem muito essa questão de equipe e tudo mais, e depois avaliar o individual. Então, o quê que é? Como que eu moldei essa questão aqui, mais ou menos adaptado ao que tinha lá, você tem o quê, as atividades em equipe e tem as avaliações individuais. Então, lá no Pitágoras, você sempre trabalhava com 70, 30: setenta a parte de prova e trinta % das notas de trabalho em equipe. Porque todo mundo tem que aprender a lidar em equipe, a trabalhar em equipe, né, aquelas coisas todas. Então no Cálculo II eu tô sempre fazendo esse meio termo: primeira etapa clássica e a segunda etapa essa parte de atividade em equipe e avaliação individual. Então, o quê que acontece? Cada unidade do livro, vamos dizer assim, eu seleciono lá oito, dez exercícios pra seres desenvolvidos em sala, então eu tô vendo, olhando os grupos, como que tá o nível de discussão, o quê que tá acontecendo entendeu? Todas as aulas já foram disponibilizadas os slides, então eles já tem todas as ferramentas na mão.

**Clarice:** Você pôs no portal [referindo-se ao portal acadêmico – uma plataforma digital]?

**Angel:** *No portal e também num site lá onde tá os slides, que a própria editora [do livro texto] fornece. É claro que tem que fazer umas correções-zinhas né? Mas a editora já facilita tremendamente. Então o que acontece? Cada aula, então, eles não sabem quais os exercícios que eu vou pedir, porque eu passo na aula, então, eles já têm que ir para aquele momento de atividade em equipe sabendo um pouco do assunto. Porque como que eles vão discutir com os outros colegas lá sem saber nada?*

Uma análise que pode ser feita com base nesse excerto é de que o docente Angel, desejava que os alunos tivessem uma participação mais ativa em seus próprios processos formativos. Acreditava que o conhecimento prévio é importante para a construção do conhecimento, além de valorizar a ampliação das possibilidades de interação quando o trabalho é realizado em grupos – uma coletividade de *sujeitos*. Contudo, parece que o *objeto* dessa nova *atividade* “moldada” por ele e compartilhada conosco por meio da linguagem falada e dos gestos, que estaria presente na práxis formativa das aulas de Cálculo II sob sua responsabilidade, pouco se diferencia qualitativamente do *objeto* do *school-going* de Engeström (2008). Nesse caso, o *objeto* da *atividade* continua sendo os conteúdos de Cálculo II, conforme apresentação do livro-texto, só que agora suportados pela mídia *slides*, lidos na tela de um computador com o auxílio de um *software*. Ainda não podemos deixar de enfatizar que, ao considerar uma *atividade* na qual os *sujeitos* tenham ativa participação no processo, Angel atribui como *objeto* possivelmente compartilhado nas *atividades* de alunos e professores, os próprios alunos, ora *sujeitos*, ora *objeto* possivelmente compartilhado. O que ele pretendia, inclusive, com as alterações na referida práxis formativa, era potencializar o compartilhamento de tal *objeto* – alunos, mediante a valorização e o empreendimento da participação ativa em tal *atividade*.

Depois de expor as transformações que Angel teria efetuado em sua *atividade* docente, Clarice começou por justificar a impossibilidade de propor trabalhos em grupo com os alunos naquele semestre letivo, pelo simples fato de que ela estava lecionando num auditório cujas cadeiras eram “*fixas e terríveis*”. Declarou, ainda, que esperava que a situação da infraestrutura da instituição melhorasse para que, nos semestres seguintes, ela pudesse lecionar em salas de aula normais, com cadeiras móveis, possibilitando, assim, alterações quanto à questão da valorização do trabalho em grupo *versus* o trabalho individual em disciplinas de Cálculo II. Pontuou, também, a questão da não obrigatoriedade do cumprimento de pré-requisitos na instituição, ou seja, não era necessária a aprovação em Cálculo I para efetuar a matrícula em Cálculo II, por exemplo. Clarice nos contou:

**Clarice:** *Eu acho Rutyele, que a partir do período que vem vai ser melhor trabalhar com Cálculo I, Cálculo II, inclusive nesse sentido. Qual que é o problema nesse período? é que pelo menos 60 dos meus alunos dos 150, não passou em Cálculo I não. Não passou em Cálculo I, então tá sem saber o básico, do básico mesmo.*

**Angel:** *A Clarice tá num horizonte bom, eu tô com 90%, eu tô com as turmas do professor X [um professor famoso na instituição por ter altos índices de reprovação]. [risos].*

**Clarice:** *Então assim, esses alunos [...] eles praticamente não tem condições de trabalhar sozinhos sem exposição oral não. Na minha visão não. Porque, igual eu poderia citar nomes assim, igual fulano, fulano e fulano, que praticamente cê tem que pegar na mão: ele tá sem pré-requisito nenhum, e, quando você põe ele pra ler, igual já aconteceu, igual o menino vem tirar dúvida aqui comigo, aí eu falo: ah o que é que tá escrito? Isso e isso, mas só que tá faltando uma coisa de antes. Então quando eu tô expondo eu tenho que ficar voltando: lembra lá em Cálculo I era assim. Aí aqui em Cálculo II é assim. Agora tem pré-requisito a partir do período que vem. Aí, eu, por exemplo, vou explicar derivada, lembra lá em Cálculo I? Derivada era assim, era isso, lembra? Ah, aqui é assim. Olha como mudou.*

Clarice demonstrou com isso não acreditar que alunos que tenham sido reprovados em Cálculo I consigam dar conta de participarem efetivamente das *atividades* propostas por Angel em sua nova proposta pedagógica. Imediatamente, Angel posicionou-se: *“igual, como que explica dois alunos lá, que tiraram praticamente quase 100 na minha prova lá de Cálculo II e foram reprovados em Cálculo I? Se você ver a prova do menino, que linda a prova, escrito tudo certinho, os caminhos, uma coisa assim ma-ra-vi-lho-sa!”*. Com essa fala, Angel buscou contrapor o receio que Clarice havia demonstrado anteriormente, explicitando que alunos que haviam sido reprovados em Cálculo I com outro professor (que adota a forma tradicional de desenvolver as disciplinas de Cálculo, acostumando-se, inclusive, com índices próximos de 90% de reprovação) poderiam dar conta sim de trabalhar de forma mais ativa, sem exposição oral dos conteúdos pelo professor.

Seguimos a reunião discutindo sobre a idealização da *atividade* que iríamos aplicar em sala de aula de Cálculo II, cujos docentes eram Clarice e Angel, conforme exposto anteriormente. Nisso, Clarice começou a folhear o livro-texto<sup>143</sup> da disciplina e disse *“eu tinha pegado aqui do livro, era um de máximo e mínimo mesmo. Só que eu ia falar com você [referindo-se a nós – eu e Angel] uma coisa assim, por exemplo”* e continuou folheando o livro, querendo encontrar algo específico. Em seguida, entregou-me o livro aberto em uma página específica, apontando para mim com o dedo indicador qual seria sua sugestão. Ela sugeria o “projeto de uma caçamba” (STEWART, 2006, p. 961), que consistiria em determinar as dimensões de uma caçamba de entulho com tampa com o objetivo de minimizar

<sup>143</sup> Livro de autoria de James Stewart intitulado por Cálculo, volume 2. 5 edição. Confira referência completa em STEWART (2006).

seu custo de produção. Decidimos acatar a sugestão de Clarice e combinamos o desenvolvimento da *atividade* para o mês de julho de 2013.

#### 4.1.5.1.10 Décimo encontro

O décimo encontro do GEPMM ocorreu em 14/05/2013 (terça-feira) e contou com a participação dos docentes Angel e Clarice, e com a minha participação, desempenhando duplo papel – participante do grupo e pesquisadora.

Começamos a reunião com Clarice nos contando que, na aula de Cálculo II que ela havia desenvolvido depois do encontro anterior do GEPMM (nono encontro), ficou claro para ela que os alunos realmente não estavam prestando atenção, poucos se concentravam, segundo ela. Com isso, ela decidiu “*mudar o método de ensino*”, mesmo parecendo ainda não acreditar que ele funcionasse, mas também acreditava que pior do que a aula expositiva não poderia ser. Pareceu-me que ela havia se apropriado das ideias compartilhadas por Angel no decorrer do último encontro e resolveu considerá-las como uma possibilidade para o desenvolvimento de suas aulas.

Em seguida, voltamos a planejar a *atividade* de modelagem que seria realizada no decorrer das aulas de Cálculo II nas turmas sob a responsabilidade de Clarice e Angel. Descobrimos, por meio de um aluno da professora Clarice, que existia um manual em PDF<sup>144</sup> disponibilizado na *internet* e amplamente difundido e utilizado pelos alunos da instituição, que consistia em um conjunto de soluções de todos os exercícios propostos no livro-texto, incluindo uma resolução para o “projeto de uma caçamba” (STEWART, 2006, p. 961). Com isso, desistimos de levar tal projeto como havia sugerido a docente Clarice. Propusemos-nos a pensar em outra questão-problema para que, em um próximo encontro, pudéssemos debater e decidir, coletivamente, qual seria nossa escolha.

Até aquele momento continuávamos a insistir com Robson no que diz respeito ao registro do grupo de pesquisa no diretório do CNPq. Somente após tal registro, é que poderíamos concorrer às chamadas públicas mediante a submissão de projetos que viabilizassem o oferecimento de bolsas para os alunos que estivessem dispostos a participar

---

<sup>144</sup> Para mais informações, acesse a página [http://pt.wikipedia.org/wiki/Portable\\_document\\_format](http://pt.wikipedia.org/wiki/Portable_document_format).

ativamente do GEPMM, além do suprimento de outras demandas que seriam impostas no decorrer das *atividades* do grupo.

Depois disso, voltamos à problemática questão do peso corporal ideal no sentido de idealizarmos o presente *objeto* da *atividade* para estabelecer possibilidades de transformação. Traçávamos, naquele momento, uma primária idealização do *objeto* a ser criado por nós no futuro, sob a orientação do *objetivo* de criar um modelo teórico que seria base para o desenvolvimento de um *software*, utilizando *instrumentos* de Cálculo e da Teoria Fuzzy para a referida questão-problema, partindo dos modelos matemáticos impressos no artigo<sup>145</sup> estudado por nós e das informações contidas no livro sugerido pela docente da UFOP. Segue o traçado das idealizações baseado em trechos extraídos das transcrições das filmagens em áudio e vídeo do décimo encontro do GEPMM:

**Eu:** [...] eu acho que lá [no livro indicado pela docente da UFOP] seria a fonte que a gente pegaria pros dados. E aí, o quê que eu pensei em fazer? Fazer é dividido em três coisas: o metabolismo basal, a taxa basal, ela é influenciada pelo que você come e pelas atividades que você tá fazendo, né, que são aquelas três caixas - que é o metabolismo basal, que é a energia ingerida e a energia desprendida pra você fazer as atividades físicas que você faz, né? Então o quê que você teria? O basal, ele é afetado pelos outros, então é um sistema, onde a gente teria três, tipo equações fuzzy: uma primeira que tá sendo afetada pelos outros e a gente taria vendo como que isso afeta, né? E faria uma caixa, que seria uma equação pra o gasto calórico, ou seja, cê vai andar 10 minutos a pé, cê vai pegar um ônibus, então isso aí seriam dados que a própria pessoa falaria [cederia como valores de entrada para o programa-software a ser desenvolvido]. Então, teria que ter o campo aberto, entendeu?

**Angel:** Humhum.

**Eu:** Tipo assim, aquele (...) uma sequência de várias atividades [gesticula com as mãos imitando uma lista], pra pessoa clicar em cima da que ela faz. Entendeu? Por exemplo, ah eu ando de bicicleta. Tá, mais quanto tempo em minutos por semana? Aí, a pessoa colocaria ah eu ando 180 minutos de bicicleta, entendeu?

**Clarice:** Humhum [balança a cabeça assertivamente].

**Eu:** Então teria que ter uma caixinha pra pessoa colocar a atividade física e uma caixinha pra colocar o tempo daquela atividade física. No que a pessoa iria digitar isso, é, o programa vai buscar no banco de dados dele que é baseado no livro, e já vai somar; fazer a soma de tudo e já vai dar o resultado final. Mais ou menos o que aquele programinha do pessoal aí faz [aponto o dedo indicador para o texto que estava (impresso em papel) sobre a mesa].

Com isso, reafirmamos a necessidade de encontrarmos pessoas para participarem de tal *atividade*, mais parceiros. Além disso, ainda não tínhamos entendido plenamente, mediante as interações com o texto escrito (Hall-Lancet) e entre nós, *sujeitos* integrantes do GEPMM, todas as equações que representavam o fenômeno da mudança do peso corporal com relação às alterações na dieta e nos exercícios físicos. Percebemos que um texto escrito sob a forma de um artigo científico poderia não dar conta de representar impressões

<sup>145</sup> [http://bwsimulator.niddk.nih.gov/Hall\\_Lancet\\_Webappendix.pdf](http://bwsimulator.niddk.nih.gov/Hall_Lancet_Webappendix.pdf)

suficientemente necessárias para o entendimento de uma pesquisa em movimento. A equação (10)<sup>146</sup> ainda não estava clara para nós. Não sabíamos como o autor havia chegado naquele modelo matemático. Sabíamos que era uma equação diferencial ordinária. Porém, como ela estaria representando o fenômeno? Quais hipóteses que estavam sendo consideradas? Tais questões serão mais bem analisadas mais adiante no presente texto.

#### 4.1.5.2 Dando continuidade às ações potencialmente expansivas

Dando por encerrado o relato do que aconteceu durante os dez primeiros encontros do GEPMM, retornarei ao miniciclo de *ações* de aprendizagem potencialmente expansivas, analisando a *sexta* e a *sétima ação*, sob o ponto de vista colocado em relevo anteriormente, que considera um ciclo menos longo (miniciclo) como sendo potencialmente expansivo.

#### 4.1.6 Refletindo sobre o processo

Segundo Engeström e Sannino (2010b), após iniciada a fase de implementação do modelo, que nesta pesquisa aconteceu por meio da constituição do GEPMM, é necessário *refletir* sobre todo o processo, com o intuito de avaliá-lo e, caso seja necessário, modificá-lo. Sendo assim, torna-se necessária a reflexão sobre a implementação do novo modelo de *atividade*, sob a forma de uma práxis inovadora em um contexto específico, visando a modificar e/ou adaptar o modelo às exigências, demandas e limitações que se revelavam nas formas de práxis frequentemente utilizadas em tal contexto de formação, já que:

a produção do objeto ideal é inseparável da produção do objeto real, material, e ambas nada mais são do que o anverso e o reverso de uma mesma moeda, ou os dois lados de um mesmo processo. A forma que o *sujeito* quer imprimir à matéria existe como forma geratriz na consciência, mas a forma que se plasma definitivamente na matéria não é a mesma – nem a duplicação – da que pré-existia originariamente. É certo que o resultado definitivo estava pré-figurado idealmente, mas o definitivo é exatamente o resultado real e não o ideal (projeto ou finalidade original). O *modelo* anterior só pode se realizar no transcurso de um processo ao fim do qual *não* se

<sup>146</sup> 
$$\left[ \frac{\eta_F + \rho_F + \alpha \eta_L + \alpha \rho_L}{(1-\beta)(1+\alpha)} \right] \frac{dBW}{dt} = \Delta EI - \frac{1}{(1-\beta)} \left[ \frac{\gamma_F + \alpha \gamma_L}{(1+\alpha)} + \delta \right] (BW - BW_0)$$

alcança tudo que se havia projetado (SÁNCHEZ VÁZQUES, 1977, p. 249, grifos meus).

Nesse sentido, percebemos que alguns ajustes e modificações eram necessários para que pudéssemos dar continuidade a nossa *atividade*. O *primeiro* deles foi com relação a pouca, ou quase nenhuma participação dos estudantes<sup>147</sup>. Poucos aceitaram o convite – apenas três. Desses, um desistiu e os outros, pouco comparecem às reuniões. Por esse motivo, pensamos em oferecer “algo em troca”, para que conseguíssemos mais aceites por parte dos alunos. Nas turmas da disciplina Cálculo II, nas quais os docentes Clarice e Angel lecionam, pensamos em oferecer 10 pontos para os alunos que aceitassem o convite, mas desistimos da ideia, devido a questões éticas e metodológicas. Estávamos na expectativa de conseguirmos no mínimo, mais quatro alunos para participarem do grupo. O *segundo* ajuste diz respeito a uma possível modificação na dinâmica do modelo (a *atividade* de Modelagem): os docentes Angel e Clarice demonstraram o desejo de levar *atividades* de Modelagem Matemática para comporem as disciplinas de Cálculo II que lecionam, com outros tipos de metodologias, tais como aulas expositivas, por exemplo. Para darmos conta de analisar essa possível adaptação do modelo, talvez seja necessário a retomada, do ponto de vista analítico/reflexivo, à fase quatro do *miniciclo* de *ações* expansivas e examinarmos novamente o mesmo modelo – *atividade* de Modelagem Matemática, agora podendo assumir outro formato contextual e dinâmico em um cenário no qual aconteceram e continuarão acontecendo outros tipos de práxis formativas – a sala de aula da disciplina Cálculo II. O *terceiro* ajuste se relaciona à necessidade de encontrarmos um parceiro que tenha formação na área de Computação, mais especificamente que se interesse por programação e por Teoria Fuzzy. Percebemos, no decorrer do processo de implementação, que precisamos de um parceiro com tal formação, pois, atualmente, para um pleno entendimento da ciência “em construção”, que perpassa as *atividades* de Modelagem Matemática em cursos de Engenharia, torna-se necessário compreender, em sua plenitude, o que há por trás dos algoritmos, dos *softwares*, dos programas executáveis, entre outros, para, a partir daí, iniciarmos um processo de inovação.

Vale a pena ressaltar que a necessidade de encontrarmos um parceiro da área da Computação ocorreu mediante a idealização de um novo modelo para dar conta da problemática do peso corporal ideal. Ao mesmo tempo em que esta necessidade possa parecer um fator que torne o desenvolvimento de *atividades* de Modelagem Matemática em cursos de

---

<sup>147</sup> Mais adiante neste texto, especificamente no Capítulo 5 – ao descrever a modalidade analítica 2, em 5.2 –, com base nas entrevistas finais concedidas a mim pelos referidos estudantes, farei uma análise sobre a participação e o respectivo abandono do GEPMM.

Engenharia mais difícil, podendo até mesmo ajudar a reforçar a crença de que fazer modelagem é difícil, que os alunos e professores não estão preparados para o desenvolvimento de tais *atividades*, por outro lado, pode ser um importante contexto que possibilite inovação e produção de conhecimentos mediante uma *atividade* de caráter verdadeiramente interdisciplinar que envolva estudos e pesquisa em sua gênese.

#### ***4.1.7 Consolidando seus resultados em uma nova forma de prática?***

Até o final do ano de 2013<sup>148</sup>, o GEPMM dedicava esforços na tentativa de estabelecer essa fase do *miniciclo* de *ações* expansivas como um horizonte de *ações* futuras. Portanto, o *miniciclo* ainda não havia se fechado. Engeström (1999) enfatiza que “a ocorrência de um ciclo expansivo completo não é comum, e ele tipicamente requer esforços concentrados e intervenções deliberadas” (p. 385 apud ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b, p. 12).

Com essa ressalva, podemos analisar a construção do GEPMM como um *miniciclo potencialmente expansivo de ações*, cujo objetivo (ainda que idealmente) consistiu na modificação ou complementação das *práxis* formativas relacionadas às disciplinas de Cálculo na instituição universitária tomada como palco da presente investigação.

Como um fechamento provisório dessa primeira parte da análise, procedo com o preenchimento da matriz para a análise da aprendizagem expansiva, conforme preconizado por Engeström (2001) e exposta no Capítulo 3 da presente tese, levando em conta os dados construídos para esta pesquisa, como segue:

---

<sup>148</sup> Durante o ano de 2014 o GEPMM não se reuniu. Os docentes dedicavam esforços às respectivas pesquisas de Doutorado.

	Sistemas de Atividade como unidade de análise	Multivocalidade	Historicidade	Contradições	Ciclos Expansivos
Quem são os aprendizes?	Interconectados sistemas de atividade de formação em Engenharia: docentes e discentes	Vozes da Matemática (Pura), vozes da Matemática Aplicada, das disciplinas da Engenharia, do mercado de trabalho em Engenharia	"Frutos" da formação universitária departamentalizada – reforma de 1968; "encapsulação" das disciplinas e da formação de professores; Campus expandido	Alunos reais vs. Alunos ideais; Docentes apegados ao tradicionalismo vs. Docentes engajados em mudanças	
Por que eles estão aprendendo?		Discurso da qualidade e do sucesso; vozes do CNPQ, da CAPES	Desejam minimizar o distanciamento entre a formação disciplinar-curricular e às demandas para a formação dos engenheiros; não se sentem satisfeitos com a formação tradicional vigente	Metodologias usadas nas disciplinas de Cálculo vs. Papel das disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia; Conhecimentos <i>encapsulados</i> vs. Rompimento da <i>encapsulação</i>	Busca por melhorias na formação em Cálculo dos engenheiros; Busca por aprendizagens inovadoras
O que eles aprendem?	Novo padrão de formação matemática dos engenheiros aliado às demandas de sociais e de trabalho: <i>atividades</i> de Modelagem		Ênfase na superação de aprendizagens individuais com vistas para o trabalho em equipe: construção de redes de aprendizagens-parcerias		Engajamento em atividades de modelagem; Transformação no objeto da atividade de formação: incorporação do Cálculo como instrumento
Como fazê-los aprender?	Construção de redes de aprendizagem-parcerias entre docentes e estudantes: GEPMM	Vozes do discurso da Matemática como ferramenta para Engenharia; Diálogos e debates vinculados à parceria (movimento horizontal de informação)	Construção de um espaço formativo alternativo baseado na parceria e na resolução de problemas não matemáticos, usando ferramentas matemáticas para tal – Cálculo em ação	Contradições convertidas na constituição do GEPMM	Ações de aprendizagem a partir do questionamento, análise, modelagem, exame, implementação, reflexão...

QUADRO 2 – “Matriz” para análise da aprendizagem expansiva  
 Fonte: Elaborada pela autora.

A seguir, darei continuidade à análise baseando-me principalmente em alguns momentos da construção dos dados desta pesquisa. Trechos extraídos das transcrições das entrevistas iniciais dos estudantes José e Pedro, da entrevista final do aluno José e das gravações do nono encontro do GEPMM; além de trechos extraídos das transcrições das gravações do segundo encontro do GEPMM, quando dedicávamos esforços para a submissão do projeto à chamada do CNPq e trechos extraídos das entrevistas finais com os alunos e professores partícipes do GEPMM; e, finalmente, momentos que perpassaram a problemática abordada pelo GEPMM com relação ao tema denominado por mim como *peso corporal ideal*. Os momentos escolhidos para serem analisados mais pontualmente constituem importante arcabouço argumentativo para responder à pergunta de pesquisa.

Vale a pena ressaltar que, com base nos referidos momentos, decidi elaborar análises temáticas e as denominei por modalidades, ou seja, modalidades analíticas. Para tal, quatro modalidades serão explicitadas no texto que segue.

## 5 MODALIDADES ANALÍTICAS

Neste capítulo, tenho por objetivo apresentar um arcabouço argumentativo, na tentativa de responder ao questionamento impresso na pergunta diretriz<sup>149</sup> que norteou a investigação relatada na presente tese. Para tal, construo quatro modalidades analíticas.

Na primeira modalidade, baseio-me em trechos extraídos das transcrições das entrevistas iniciais concedidas a mim pelos estudantes José e Pedro, da entrevista final do aluno José e das gravações do nono encontro do GEPMM. Teço uma análise a respeito da existência de uma “tela” invisível, podendo ser considerada um instrumento que, supostamente, permeou as aulas tradicionais de Cálculo em que os alunos Pedro e José haviam participado no contexto da presente pesquisa.

Na segunda modalidade, baseio-me em trechos extraídos das transcrições das gravações do segundo encontro do GEPMM, quando dedicávamos esforços para a submissão do projeto à chamada do CNPq, além de trechos extraídos das entrevistas finais com os alunos e professores partícipes do GEPMM. Teço uma análise focada nas múltiplas *atividades* demandadas aos *sujeitos* da investigação pelo contexto institucional em questão e nas *agencys* evidenciadas no decorrer da constituição do GEPMM, assim como das *atividades* nele desenvolvidas.

Na terceira modalidade, baseio-me no momento da construção dos dados que objetivou o desenvolvimento da modelagem cujo tema foi denominado por “peso corporal ideal”. Utilizo a teoria das *caixas-pretas* como estratégia de análise das transformações qualitativas do *objeto* da referida *atividade*.

Finalmente, a quarta modalidade se ancora nas interações tecnomediadas evidenciadas no/pelo desenvolvimento da atividade de modelagem denominada por “peso corporal ideal”. Foco as idealizações possibilitadas pela *multivocalidade* e *agency*, atuando como desencadeadoras de aprendizagens potencialmente expansivas, principalmente no que diz respeito aos processos produtivos e inovadores na referida atividade.

---

<sup>149</sup> Pergunta diretriz: *Quais aprendizagens expansivas podem ser evidenciadas pelas e nas atividades desenvolvidas por um Grupo de Estudos e Pesquisa em Modelagem Matemática em um contexto de formação em Engenharias?*

### 5.1 Primeira modalidade – Dialética da existência da *tela invisível*: GEPMM como possibilidade para aprendizagem expansiva por meio da construção de parceria docente-discente em um contexto de formação em Engenharias

Na sociedade em rede, a virtualidade é a fundação da realidade através de novas formas de comunicação socializável (CASTELLS, 2006, p. 24).

Início esta parte da análise tomando por base uma fala do aluno Pedro; na entrevista inicial, ele contou que, durante as aulas de Cálculo que havia tido na graduação, às vezes, achava que estava assistindo a uma videoaula, ao invés de uma aula presencial. Nas palavras dele:

*Falta um pouco mais de [...] entendimento. Às vezes alguns professores não levam em conta algumas dificuldades que alguns alunos têm. [...] às vezes falta um pouco de sensibilidade com a dificuldade do aluno, às vezes uma didática um pouco mais próxima do aluno. Às vezes parece que você está vendo uma videoaula ao invés de ter uma aula presencial! [...] Por parte do grupo de professores falta uma aula, uma didática um pouco mais próxima do aluno, dos problemas do aluno e ajudar ele a solucionar esses problemas.*

Na entrevista inicial concedida a mim, Pedro demonstrou se sentir incomodado devido ao distanciamento percebido por ele entre alunos e professor nas aulas de Cálculo. Naquele momento da construção dos dados para a referida pesquisa, ainda não tinha percebido tal descontentamento; este se tornou consciente para mim após a entrevista com aluno Pedro, que se mostrou muito inquieto quanto a essa questão: alunos de um lado da “tela” e docentes do outro. Uma possível análise sobre essa inquietação se encontra na dimensão dos *sujeitos* e as possibilidades de interação estabelecidas pelas regras que regem a *atividade* em questão: a aula tradicional de Cálculo. Percebi que a participação desse aluno no GEPMM estava ligada às possibilidades de “estar perto” dos professores, no sentido de que no grupo era “permitido” interagir com os professores<sup>150</sup>.

Julgo importante pontuar nesse momento que, durante a entrevista inicial com o aluno José, algumas falas convergem com as mesmas inquietações demonstradas por Pedro. José parece se sentir constrangido em iniciar interações verbais com os professores durante as aulas de Cálculo, com o objetivo de sanar dúvidas; ele parece acreditar que o momento único

<sup>150</sup> Cabe ressaltar que ainda que a participação dos alunos tenha ocorrido apenas nos primeiros encontros, ou seja, os alunos acabaram abandonando o GEPMM, não acredito que esta parte da análise fique fragilizada devido a isto, pois nesta parte busco analisar os motivos que levaram os dois alunos em questão a aceitarem o convite de participação no grupo e não especificamente o desenvolvimento das *atividades* do grupo. A parceria estabelecida entre alunos e professores é que está sendo analisada como uma forma de desenvolvimento da aprendizagem expansiva.

que isso seja “permitido” seja o final das aulas. Vale ressaltar que o aluno José é considerado por Clarice como um aluno muito bom – que se preocupa com a aprendizagem, com seu próprio processo formativo, podendo ser considerado até mesmo como um “tipo raro” de aluno: “*é raro eu ter aluno como José*”, pontua<sup>151</sup> Clarice. Nas palavras de José:

*O aluno tem sempre aquela coisa: nó! Ele é meu professor! Há um distanciamento. Você pensa: eu só sou um aluno e ele é meu professor. Ele não vai querer ficar me dando atenção no final da aula porque eu tenho dúvidas. Muitos professores, às vezes, não dão atenção pro aluno. Veem o aluno assim, mas, não quer incômodo, sabe? Os alunos chegam nos professores, mas tá faltando os professores chegarem nos alunos, porque eles tem que ver que isso aqui é um grupo de pessoas!*

Observe que o que é “permitido” muitas vezes não é visível nem explícito nas ações, pois pode estar “escondido” no currículo oculto, como um *instrumento* oculto, configurado pelas regras e divisão do trabalho, ou seja, na parte de baixo do triângulo de Engeström, conforme explicitarei no Capítulo 1 desta tese.

Contudo, essa “tela” pode não existir na percepção dos docentes, configurando apenas um *instrumento* necessário para constituir uma regra implicitamente “oculta”: ao aluno é permitido se dirigir aos professores das disciplinas de Cálculo quando ele já estudou anteriormente, já adquiriu certo nível de aceitação para participar de uma interação com o professor.

Campos (2012), ao realizar sua pesquisa de doutorado, investigou uma proposta pedagógica para a disciplina Cálculo Diferencial e Integral na UFMG e constatou que o distanciamento caracteriza a relação entre o professor e seus alunos. E pontua

Como alguém que programa um computador, o docente expõe com rigor os conteúdos que deverão ser articulados na resolução das questões das provas. No momento da correção, ele afere a quão próximo da resposta correta o aluno chegou e confere uma nota que certificaria o quanto o aluno apreendeu de suas aulas. Sua participação se daria apenas nos dois momentos extremos do ato: na apresentação do conteúdo e na correção das provas. Caberia ao aluno preencher o que falta entre esses dois eventos (CAMPOS, 2012, p. 34).

Sendo assim, para dar conta das *atividades* de formação em Cálculo, configura-se como um pré-requisito indispensável, a participação ativa dos estudantes no que tange ao desenvolvimento de autonomia e determinação para buscar informações e/ou outros *instrumentos* que os auxiliem nessa jornada. Desse modo, sob essa perspectiva, o docente

---

<sup>151</sup> Trecho retirado das transcrições das filmagens do nono encontro do GEPMM. Falávamos sobre o perfil dos alunos que haviam aceitado o convite para participarem do grupo e os possíveis motivos que pudessem explicar a falta de assiduidade deles nas reuniões.

imprime em sua consciência uma forma idealizada de um dos *objetos* de sua *atividade* – os estudantes. O grande problema é que muitas vezes os estudantes por si só não conseguem atingir esse pré-requisito. Não conseguem ser, de fato, na realidade objetiva, um *objeto* real para serem, assim, transformados pela práxis formativa proposta pelos docentes de Cálculo. Isso pode explicar os altos índices de reprovação e evasão em instituições federais de ensino superior, o que resulta num real desperdício de recursos públicos.

Isso pode implicar um enorme “vácuo” entre os *sujeitos* da *atividade* de aprendizagem tradicional de Cálculo em cursos de Engenharia, o que pode criar “fronteiras” interativas, muitas vezes produzindo duas *atividades* distintas: a *atividade* de ensino do professor de um lado da “tela” e a *atividade* de aprendizagem dos alunos do outro lado da “tela”. Além disso, muitas vezes é dada “permissão” ao aluno que não quer participar das aulas, pelos docentes que não verificam a assiduidade dos alunos em suas aulas e não reprovam por mais de 25% de ausência (que é preconizado nos currículos e nas normativas).

Mas precisamos levar em conta que os docentes das disciplinas de Cálculo na UNIFEI-Itabira lecionam em turmas com, em média, 75 alunos. Suponha que cada aluno queira realizar uma única interação com o docente durante uma aula que tem duração de 1h40. Considere que o aluno gaste apenas 10 segundos para elaborar sua fala e que o docente gaste apenas mais 20 segundos para se pronunciar em resposta a essa fala do aluno. Com isso, seriam gastos 37,5 minutos da aula. Esse excessivo número de alunos em sala de aula pode favorecer a manutenção da “tela”.

Outra observação é que essa “tela” em muito se diferencia da tela de um computador, utilizado como *instrumento*, um artefato mediador em cursos a distância. A tela do computador usada no atual ensino a distância permite interações entre alunos, professores e tutores, por meio de mediações por *chat* ou *e-mails*. Já a “tela”, cuja suposta existência seja invisível aos olhos de alguns, impede, mesmo que de forma oculta, que se estabeleçam interações entre os *sujeitos* que dividem um mesmo espaço físico, delimitando suas *ações* em dois contextos distintos, ou seja, em duas *atividades* disjuntas, paralelas, cuja mínima relação é estabelecida pelo *objeto* que se configura pela apresentação contida nos livros-texto dos conteúdos de Cálculo, resultando em aprovação ou reprovação nas referidas disciplinas.

O professor está imerso em uma instituição que o “amarra” de uma forma ou outra: se ele não cumprir a ementa, é “punido”, tem que aprovar a maioria possível de alunos senão as turmas ficam mais cheias ainda ou ele tem que dar mais aulas; nisso algo pode estar sendo roubado dele, que, a meu ver, seria extremamente importante para a plena realização de seu trabalho – o tempo para o ócio e para a reflexão.

Mais do que isso, os alunos “fabricados” pela cultura tradicional de ensino, por não serem formados para questionar as práticas vigentes, acabam por se tornar meros reprodutores, dando, assim, a manutenção necessária para que essas práticas sejam reforçadas. Os docentes que hoje atuam nas disciplinas de Cálculo na UNIFEI também foram afetados pelas práticas tradicionais de ensino, provavelmente também particionadas por uma “tela” invisível aos olhos de seus professores, à época, contudo, não lhes foi adicionada formação crítico-reflexiva suficiente para romper com os ciclos de reprodução de tais práticas, que continuam vigentes. Campos (2012, p. 35) apontou que professores e alunos que se formam em instituições que cobiçam as práticas tradicionais de ensino-aprendizagem passam também a considerá-las como “referencial de excelência no ensino, o que torna a organização acadêmica mais apegada a suas práticas e resistente a mudanças”.

Vale ressaltar que, o aluno Pedro, durante a entrevista inicial, pareceu estar entusiasmado em participar do GEPMM, pois, para ele, o grupo poderia se transformar em um elo e aproximar os professores dos alunos, diminuindo o distanciamento entre eles, fazendo com que os professores passem a reconhecer as dificuldades dos alunos e, assim, possam melhorar sua didática.

A análise que aqui proponho está baseada na lógica dialética marxista, que se limita a uma forma de pensar a realidade considerando-a em constante mudança mediante o desenvolvimento do tripé: tese, antítese e síntese. O método de análise dialético consiste na síntese de termos contrários – tese e antítese. (LEFEBVRE, 1991). Assim como na dialética marxista, a burguesia corresponde à tese e o proletariado à antítese, fazendo emergir a superação da sociedade de classes pelo comunismo, uma síntese decorrente das crises do capitalismo pleiteadas pelos conflitos entre burguesia e proletariado (LEFEBVRE, 1991); esboço essa parte da análise como a dialética da existência da “tela” invisível.

De um lado, configura-se a hipótese de que nas referidas aulas de Cálculo que o aluno Pedro havia participado, existia um *instrumento* – a “tela” invisível. Nisso constituiria a tese. Na mesma realidade em questão – as aulas tradicionais de Cálculo que o aluno Pedro havia participado na instituição –, do outro lado, estariam os professores, que poderiam não perceberem que a suposta “tela” existe. A antítese é a inexistência da “tela” invisível. Dessa forma, estaria travado o esboço da dialética da existência da “tela” invisível. A síntese, como sendo algo de natureza diferente, mas ao mesmo tempo conservando elementos da tese e da antítese, constitui-se por um processo dialógico, conduzido pela discussão e embate de contrapostos.

Vale ressaltar que a síntese pode ser entendida como um grau mais elevado na análise dialética em relação à tese e à antítese. Além disso, a síntese dá origem a uma nova tese que será contraposta com uma nova antítese e assim por diante, iniciando novos ciclos dialéticos (LEFEBVRE, 1991). Com isso, a análise dialética da existência da “tela” invisível nos leva a possibilidades de elaboração de uma síntese do que de melhor cada uma das faces do contraposto nos apresenta. Conforme exposto anteriormente, é fatídico que caso a tese (a existência da “tela” invisível) seja confirmada é preciso que ela seja destruída em prol de melhorias e avanços na natureza do processo aqui analisado.

De toda forma, é importante frisar que, quando o aluno Pedro decidiu se engajar no GEPMM, de alguma forma, ele desconfia que a “tela” não existiria em tal contexto alternativo mais amplo. De fato, a “tela”, ainda que invisível, não permeou as “atividades” de Modelagem Matemática, conforme implementado na UNIFEI por meio do GEPMM. A ausência desse *instrumento* (oculto, escondido, invisível) provoca mudanças quantitativas e qualitativas nas interações entre os *sujeitos* da *atividade*, que passam a buscar informações de forma coletiva e passam a construir novos *instrumentos* para resolverem as peculiares questões-problema que direcionam as *ações* em tais *atividades*. Alunos e professores se tornam *sujeitos parceiros* na referida *atividade*. Estabelece-se mutuamente um fluxo contínuo de compartilhamento de informações, o que acaba por *transpor as fronteiras* (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b) “tela adentro”, fazendo emergir uma nova *rede*, uma inédita parceria: docente-discente.

Assim sendo, os *sujeitos* engajados nessa *atividade* passam a pertencer a uma mesma hierarquia horizontal de fluxo informacional, não podendo, assim, estar/ permanecer distanciados, apartados e segregados. Tornam-se *sujeitos* de uma mesma *atividade*, orientada pelos seguintes *objetos*: os estudantes em formação e a questão-problema não matemática cujos artefatos mediadores incluem os conteúdos de Cálculo sob a forma de modelos, mais especificamente, considerando os dados construídos para esta pesquisa, as EDOs e outros *instrumentos* tecnológicos que incluem, dentre outros, o *software* que foi criado com o objetivo de possibilitar simulações de mudanças de peso corporal mediante alterações na dieta e nos exercícios físicos (*Human Weight Simulator – HWS*).

Além disso, supondo a existência da “tela” em aulas tradicionais de Cálculo, ela acaba por elevar o professor a um patamar de configuração como uma voz, uma *vocalidade* que ecoa na *atividade*, como um locutor do discurso do Cálculo acadêmico, como se ele estivesse, realmente, de outro lado, em outro ambiente, como se o aluno fosse mesmo assistir a uma videoaula. Esse mesmo patamar pode ser ocupado pelo autor do livro-texto utilizado

nas aulas tradicionais de Cálculo em cursos de Engenharia: a *vocalidade* do autor ecoa e participa das *atividades* dentro da sala de aula e se diferencia da *vocalidade* que ecoa do professor apenas pela mídia (meio) que as suportam – no caso do autor, a mídia é impressa nas páginas do livro sob a forma de linguagem escrita e, no caso do professor, a voz ecoa suportada pela linguagem falada e pela linguagem escrita quando utiliza o quadro branco para, principalmente, reproduzir páginas do livro-texto.

Campos (2012, p. 34, grifos do autor) destaca que a narrativa construída por ele com o objetivo de relatar como ocorrem as aulas de Cálculo na UFMG poderia ser considerada como se ele “estivesse assistindo à cena através de um vidro que o impedisse de ouvir as *múltiplas vozes* presentes”, o que nos leva a crer que tal regra oculta não faz parte apenas do currículo oculto presente nas salas de aula de Cálculo da UNIFEI, mas também de outras instituições, como, nesse caso, na UFMG.

As *atividades* de Modelagem Matemática desenvolvidas no GEPMM se propõem como potencialmente “destruidoras” de tal “tela”, mediante a construção de uma rede de aprendizagem na qual os docentes são *sujeitos* pertencentes a uma mesma hierarquia horizontal de fluxo informacional que os discentes, o que acaba por promover *transposições de fronteiras* (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b) e, conseqüentemente, a ampliação de possibilidades de interações entre os *sujeitos*.

Portanto, em *atividades* de Modelagem Matemática, os parceiros – alunos e professores – não podem assumir outro lugar senão o de *sujeitos* de uma mesma *atividade*. Dessa forma, a “tela” presente (mesmo que de forma oculta e invisível em aulas tradicionais de Cálculo) precisa, necessariamente, ser “quebrada”, para que a formação dessa nova parceria se torne possível. Somente por meio da *transposição desta fronteira* é que se tornariam possíveis movimentos para além de alunos procurarem ajuda e professores darem a ajuda (tirar dúvidas), alcançando, assim, um patamar de parceria, na qual os *sujeitos* buscam e encontram informações ou as constroem onde quer que elas estejam.

Durante a construção dos dados da presente pesquisa, alguns momentos podem ser colocados em relevo no que diz respeito às possibilidades de diálogos entre docentes e discentes, que, num processo de negociação e orquestração, formataram e orientaram as *atividades* do GEPMM.

No primeiro encontro, é possível perceber que os alunos ali presentes falavam livremente e participavam das decisões e regras estabelecidas pelos integrantes. Não havia distinção entre alunos e professores, todos falavam, contavam “casos” e exprimiam suas opiniões. José, por exemplo, nos contou um caso sobre um funcionário de uma empresa de

grande porte localizada na cidade de Ipatinga-MG, que, ao desenvolver suas atividades de trabalho, “*teimou*” com um engenheiro dizendo que o resultado do processo seria negativo, o engenheiro não considerou a opinião do funcionário e no final do processo o funcionário estava certo. Logo em seguida, a professora Clarice falou que os alunos de Cálculo são desmotivados demais e que o resultado disso muitas vezes é a reprovação. A aluna Taty interveio: “*mas eu acho que isso não é culpa do professor!*”. A docente Clarice rebateu em tom de voz aparentemente alterado: “*mas é também um dever!*” Em seguida, a aluna Taty pontuou que em turmas de 75 alunos seria muito difícil o professor acompanhar essa questão da motivação.

No segundo encontro do GEPMM, um momento de tensão ocorreu quando ao perceber que o docente Angel pareceu preferir o problema do trânsito e afirmou, olhando para os alunos, que havia um trabalho de coleta de dados *in loco* que deveria ser realizada pelos alunos, a aluna Taty imediatamente se posicionou dizendo: “*ah não gente, não olha pra mim não gente! Tô fazendo um monte de coleta de dados já! Me recuso cara! [...] Eu sento e leio 60 artigos se vocês quiserem, faço resumo de todos pra vocês, não tô brincando! Eu tô fazendo uma coleta gigantesca!*” Entendo que, naquele momento, o posicionamento assertivo da aluna impactou no que seria a decisão do grupo no que diz respeito à escolha do primeiro tema a ser abordado. O grupo poderia ter tomado outro rumo se a aluna não tivesse se posicionado.

No terceiro encontro, durante a discussão do artigo Scagliusi e Lancha Júnior (2005), na página 542, deparamo-nos com um termo físico-químico – o deutério. Nós, docentes, não sabíamos o que significava esse termo e fomos agraciados pela fala dos alunos José e Pedro esclarecendo, com propriedade, sobre o que se tratava esse conceito.

Com base nesses trechos extraídos das gravações em áudio e vídeo das primeiras três reuniões do GEPMM, os diálogos entre os *sujeitos* seguem em um ritmo almejado quando uma parceria é estabelecida entre níveis hierarquicamente distintos em instituições. Além disso, explicitarei mais adiante, neste mesmo capítulo, outros trechos extraídos das transcrições das filmagens de outras reuniões do GEPMM que reafirmam a formação de parcerias docente-discente e docente-docente, sendo que essa última se refere à parceria instituída não apenas por docentes que lecionam disciplinas de Cálculo em cursos de Engenharia. Ainda que os alunos tenham abandonado o GEPMM, não significa que tal parceria não tenha se concretizado. Cabe ressaltar que segundo Engeström e Sannino (2010b) a *transposição de fronteiras* entre níveis organizacionais, ou hierarquias, tais como entre alunos e professores, pode representar uma forma de aprendizagem expansiva quando ocorre

movimentos verticais de informações entre os níveis. Para os autores uma parceria funda-se por meio de interações entre níveis hierárquicos distintos em prol da realização de uma *atividade* comum – um *objeto* compartilhado - na qual os aprendizes buscam informações onde quer que elas estejam e o fluxo informacional é livre.

Desse modo, podemos entender as *atividades* realizadas no e pelo GEPMM como sendo de alto grau de *complexidade* e baixo grau de *centralização*, o que, segundo Engeström (1993), caracteriza um *tipo* histórico de *atividade* a ser considerado de domínio coletivo e expansivo. A construção de tal “rede alternativa” mediante a constituição das referidas parcerias pode, então, ser entendida como um *tipo* de aprendizagem expansiva.

Com isso, encerro a análise da dialética da existência da “tela” invisível, enfatizando que, por meio da construção da parceria docente-discente possibilitada no/pelo engajamento nas *atividades* desenvolvidas pelo GEPMM, a “tela” não existe, nem mesmo de forma invisível, devido ao fluxo informacional ser livre e as interações entre docentes e discentes serem constituídas em uma única rede de aprendizagem.

## **5.2 Segunda modalidade – Os sujeitos, a *multi-agency* e as múltiplas *atividades*: possibilidade para aprendizagem expansiva como movimento na *zona de desenvolvimento proximal* das *atividades* docente-discente mediante a formação de parcerias**

São os homens, por certo, que com sua práxis formam e mantêm essa estrutura; são eles que desenvolvem as forças produtivas e que contraem determinadas relações na produção independente de sua consciência e vontade (SÁNCHEZ VÁZQUEZ, 1977, p. 189).

A *agency*, segundo a Teoria da Atividade de Engeström (1987), pode ser entendida como um adjetivo inerente às possibilidades de *ação* dos *sujeitos* engajados em uma *atividade*, tais como: a condição de realizar uma *ação* – agente; os meios ou modos pelos quais a *ação* é executada – instrumentalidade ou *operação*; poder ou capacidade de realizar uma *ação* – desempenho ou performance; maneira de atuar, de agir. Sistemáticamente, a meu ver, a *agency* pode ser considerada como a atitude dos *sujeitos* em implementar procedimentos para alcançar o *objetivo* de uma *ação*. Sendo assim, vale ressaltar que a *agency* se torna visível nas *ações*, no relacionamento, na mediação, nas interações e não como algo pertencente aos *sujeitos* (DANIELS et al., 2010).

A formação de parcerias estaria, sob essa análise, relacionada à constituição de redes de aprendizagem em um contínuo e descontínuo movimento de *transposição de*

*fronteiras* institucionalmente configuradas por artefatos históricos culturais que podem estar mediando as relações entre os *sujeitos* e os demais *instrumentos* de uma *atividade* de forma implícita ou invisível, como, por exemplo, a dialética da existência da “tela” invisível em salas de aula de Cálculo como um *instrumento* que estaria permeando tal contexto.

É importante ressaltar que os *sujeitos* engajados no GEPMM participam, a priori, de *atividades* originais, primárias, cujos *objetos* podem estar alinhados ou não no desenvolvimento de variadas formas de práxis acadêmica instituídas em tal contexto formativo. Nesse caso, pontualmente, refiro-me aos interconectados sistemas de *atividade* originais, dos quais participam conjuntamente docentes e discentes dos cursos de Engenharia da instituição UNIFEI-Itabira. De um lado de uma mesma moeda, refiro-me aos sistemas de *atividade* de trabalho que os docentes “desenham” e colocam em prática no decorrer das variadas formas de trabalho, situadas nas instituições que se dedicam, exclusivamente, à formação superior em Engenharia; do outro lado dessa mesma moeda, situam-se os sistemas de *atividade*, dos quais participam os discentes no mesmo contexto. Observe que os tais sistemas de *atividade* são interconectados indissolúvelmente – amalgamados.

Nesse sentido, os discentes que participam das *atividades* orientadas pela formação em Engenharia, desde o início do engajamento nas referidas práxis formativas, objetivam obter o título de engenheiro, com vistas a satisfazer uma necessidade humana contemporânea: obter um diploma de engenheiro. Não pretendo na referida análise, discorrer sobre as ideologias, discursos e enunciados sociais que estão por trás de tal orientação, apenas a defino como existente e norteadora. Para que essa finalidade seja, de fato, concretizada na realidade, os discentes de cursos de Engenharia precisam elaborar, antes de tudo, num plano da *atividade* consciente, um planejamento das *ações* necessárias para tal, fazendo necessariamente parte da *agency*. Sendo assim, no contexto de formação analisada nesta tese, um *objeto* primário, original emerge dos sistemas de *atividade* dos discentes – o diploma de engenheiro.

Quando se tornam discentes de cursos de Engenharia, na UNIFEI-Itabira, os *sujeitos* passam a pertencer a uma comunidade de prática orientada pela e na formação em Engenharia. Mas poderiam ser consideradas possibilidades para o desenvolvimento de aprendizagens, como *participação periférica legítima* (PPL)<sup>152</sup> (LAVE; WENGER, 2002), as

---

<sup>152</sup> “Ver a aprendizagem como participação periférica legítima significa que a aprendizagem não é simplesmente uma condição para tornar-se membro, mas é em si mesma uma forma em evolução do tornar-se membro.” (LAVE; WENGER, 2002, p. 170).

formas de práxis frequentemente realizadas<sup>153</sup> no referido contexto institucional? Em geral, a resposta para essa pergunta infelizmente tende a ser negativa. Primeiro, os participantes não tem amplo acesso a diferentes partes da *atividade* formativa em questão. Quando se tornam discentes de tais cursos, os *sujeitos* têm acesso às grades curriculares sob a forma escrita de plano de curso, particionado em várias disciplinas a serem cumpridas, mas, de forma alguma, veem ou participam na realidade concreta das diversas práticas que constituem tal formação. Em segundo lugar, os participantes não percebem ‘abundância’ nas interações horizontais entre eles, que, na maioria das vezes, também não é mediada por situações problemáticas e suas soluções. Pelo contrário, na maior parte do tempo dedicado à formação, os discentes se esforçam para entender situações hipotéticas, fictícias e teóricas impressas e sugeridas por autores de livros didáticos, muitos deles traduzidos de outras línguas, oriundos de outras culturas, resultando em produtos que, por definição, se distanciam dos interesses e necessidades de uma comunidade específica. Finalmente, em terceiro lugar, as tecnologias e estruturas da instituição não são transparentes. Os aprendizes muitas vezes não têm acesso ao que está por trás dos mecanismos internos e, portanto, não são convidados a inspecioná-los.

Logo, a participação dos discentes em tais práticas de fato ocorre, mas não pode ser considerada, em geral, como resultante em uma aprendizagem legítima pela e na participação em práxis firmada em tal contexto formativo. Isso se deve ao fato da própria instituição ser um artefato histórico cultural que implicitamente ou invisivelmente medeia as relações dos participantes nas práxis (DANIELS et al., 2010a, p. 123). Considerando essa análise, toda e qualquer práxis realizada orientada pela finalidade de formar engenheiros, estaria subordinada às possibilidades de mediação que a própria instituição submete aos participantes, ainda que de forma implícita ou invisível, entre as quais, podemos enfatizar as relações de poder e controle.

Uma forma de controle explícita que pode ser nitidamente observada na instituição estudada é o currículo, uma grade curricular formada por disciplinas a serem desenvolvidas pelos docentes e discentes, constituídas por conteúdos padronizados a serem

---

“A participação periférica legítima refere-se tanto ao desenvolvimento de identidades de habilidades competentes na prática quanto à reprodução e transformação das comunidades de prática.” (LAVE; WENGER, 2002, p. 171).

<sup>153</sup> Refiro-me nesse momento da análise às práticas tradicionais de formação em Engenharia, desenvolvidas em instituições que se destinam à formação em nível de graduação em Engenharia, contexto de nosso estudo. Em grande parte pode ser caracterizada pelo uso em demasia de aulas expositivas cujo *objeto* assumido pode ser resumido pela apresentação dos conteúdos das respectivas disciplinas, conforme preconizado nos livros-texto, pela valorização do desenvolvimento de habilidades e competências individuais, pelo uso de testes e avaliações padronizadas cujo objetivo consiste na reprodução dos discursos desenvolvidos durante as aulas e pelo distanciamento entre professores e alunos durante as *atividades* de formação – a práxis formativa em Engenharia.

desenvolvidos e por cargas horárias definidas a priori e, sobretudo, sob o controle das avaliações que ditam quem cumpriu e quem não cumpriu tais exigências, resultando em aprovações ou reprovações nas disciplinas da grade curricular. Esse “poderio” acaba por delimitar ou pré-fabricar as *ações* que os estudantes irão desenvolver, assim como as decisões sobre outras formas de participação em *práticas*, extracurriculares na instituição. Ou seja, são estabelecidas, dessa forma, *ações* prioritárias orientadas pela aprovação nas disciplinas, principalmente, nas disciplinas que “normalmente” resultam em altos índices de reprovação.

Durante a construção dos dados para a presente pesquisa, vários foram os momentos que o “poderio” explicitado anteriormente se manifestou. Entre eles, podemos colocar em relevo momentos extraídos das transcrições das entrevistas finais realizadas com os alunos que haviam participado do GEPMM. Para responder a primeira pergunta (“como você caracteriza sua participação no GEPMM?”), os estudantes usaram adjetivos do tipo “*insuficiente*”, “*mínima*”, “*irrelevante*” e “*deixa a desejar*”. Mas, como a participação foi considerada por eles mesmos tão, digamos “*inexpressiva*”, se eles mesmos reconheceram de antemão as possibilidades de aprendizagens mediante a participação no GEPMM, conforme demonstraram nas entrevistas iniciais e durante os encontros do grupo? Possíveis respostas para tal indagação podem ser encontradas nas respostas que eles mesmos deram para a segunda pergunta (“desde que você começou a participar do grupo, quais os desafios encontrados? Como você buscou superar estes desafios?”), feita a eles por mim durante a realização das entrevistas finais. Taty pontua que o principal desafio consiste na própria essência da *atividade*: “*modelar alguma situação é uma coisa muito complicada porque tem muitas variáveis*”. Enfatiza que, para superar esse desafio, ela precisaria ter tido mais tempo para maior dedicação à *atividade*. Afirma ainda que a falta de tempo estaria relacionada à realização de outras *atividades* discentes, entre as quais se destacam as várias matérias (disciplinas) que estaria cursando e a iniciação científica que estaria concluindo naquele semestre. Taty ainda sugere a existência de um dilema incorporado nos sistemas de *atividade* que ela participa na posição de discente de um curso de Engenharia. Nas palavras de Taty:

*Por um lado, eu acho um desperdício tantas oportunidades na faculdade e a gente não poder; muita gente não aproveitar, né, como eu já disse mesmo, o fato de termos professores tão bons e às vezes tão dispostos né. A desenvolver um trabalho que você tá vendo e os outros não estão, por outro lado o tempo é curto, né, as matérias são difíceis e se você leva a sério mesmo você tem que estudar muito tempo né, então pra fazer um trabalho desse [...] eu atribuo essa dificuldade à falta de tempo.*

Os alunos Pedro e José também consideraram a *falta de tempo* como constituinte do principal desafio encontrado na participação no GEPMM. Pedro ainda admitiu ter tido dificuldades em participar do GEPMM devido a não ter um “*inglês muito fluente*”, o que, para ele, dificultou a leitura dos textos. Nas palavras de Pedro:

*Eu não tenho um inglês muito fluente, então, muitas vezes tinha que buscar significados de palavras, de expressão, então isso garrou um pouco na hora de eu ler os artigos. [...] Eu sei que se eu tirar tempo de estudo pra dedicar à modelagem eu sei que vou tomar pau. Isso é tranquilo! [...] Eu faço o projeto [referindo-se às atividades do GEPMM], mas chega na disciplina aí eu não consigo fazer nada, então, pra mim, neste caso, não seria vantajoso, neste semestre participar do projeto.*

Sendo assim, fica nítido que existe uma *lei* que rege os sistemas de *atividade* dos alunos no que tange à sua própria formação em Engenharia, delimitando as modalidades das atuações na qual tem que sujeitar sua vontade. Tal *lei* poderia ser expressa pelo *fim*, sendo constituída pela prefiguração ideal do resultado material concreto que se quer alcançar – o diploma de engenheiro. Mesmo tendo a vontade de participar do GEPMM, percebendo as possibilidades de formação em tal atuação, os alunos veem diante de si um *objeto* “desalinhado” nos sistemas de *atividades*, que pode, até mesmo, impossibilitar o resultado concreto que desejam alcançar. Dessa forma, o *fim*, o produto, o *objeto* da *atividade* dos sistemas primários de *atividade* (diploma), entra em contradição com a *atividade* presente (GEPMM), que passa a não exercer mais o papel de orientar *ações*, podendo até mesmo se tornar um *objeto* fluido, nulo, colocado como uma vontade em contradição com a realidade.

Engeström (2010a) enfatiza que *objetos* que orientam as *atividades* humanas são oriundos de preocupações e/ou desconfortos, sendo capazes de gerar e focalizar nossas atenções, nos motivar, fazer-nos esforçar e atribuir sentido às nossas *ações*. Nas e pelas “*atividades*, as pessoas constantemente mudam e criam novos *objetos*. Os novos *objetos* frequentemente não são produtos intencionais de uma *atividade* simples, mas consequências inintencionais de múltiplas *atividades*” (ENGESTRÖM, 2010a, p. 304).

Nesse sentido, os alunos que haviam aceitado o convite para participação no GEPMM (*sujeitos* de múltiplas *atividades* cujo resultado esperado seria a formação em Engenharia) não viram condições objetivas para sua realização, para a materialização de tal participação, ainda que ela se fizesse anteriormente constituinte de um *fim*, um *objeto* idealizado que havia se fluidificado na realidade.

Sánchez Vázquez (2002, p. 231) nos apresenta uma relação dialética entre a finalidade e a causalidade “já que, embora os fins conduzam à transformação da realidade,

esta impõe limites que aqueles não podem transpor”. Somente as *ações* concretas, que disponham de meios concretos para sua realização, podem resolver a contradição histórica que abarca a finalidade como expressão de uma contradição entre “o futuro e o presente, entre o ideal e o real, entre a realidade a ser transformada e a realidade inexistente já prefigurada pela consciência” (SÁNCHEZ VÁZQUEZ, 2002, p. 231). Assim, podemos analisar a não assiduidade e a participação incipiente dos alunos que haviam aceitado o convite para comporem o GEPMM como uma resposta à realidade, pois, “não se podem aceitar meios que, sendo eficazes em relação a um fim particular, contribuam para corromper fins mais elevados” (SÁNCHEZ VÁZQUEZ, 2002, p. 233). Tal resposta é decorrente da *agency* configurada pela implementação de procedimentos com vistas ao realinhamento ao fim mais elevado.

Durante a entrevista final, a aluna Taty disse que acha mais fácil participar de *atividades* formativas tradicionais (regidas por provas individuais) do que de *atividades* em grupo, mais interdisciplinares e práticas, apesar de afirmar que, em sua concepção, o método tradicional não tem nada a ver com a formação do engenheiro. Para ela, as *atividades* em grupo possibilitam mais aprendizagens, é “*muito mais legal*”, “*muito mais interessante*” e “*esse é o trabalho do engenheiro*”. Contudo, parece ter caracterizado um *objetivo* que diz respeito às disciplinas de Cálculo que compõem a grade curricular do curso de Engenharia no qual é aluna. Nas palavras de Taty: “*eu quero aprovar; mais do que isso, eu quero passar bem na matéria [...] eu gosto de passar bem em Cálculo! [...] eu quero saber fazer a prova.*” Com isso, podemos entender que um fim particular (relacionado à formação em Cálculo) estava traçado idealmente como alinhado ao fim mais elevado – obter o diploma de engenheira.

Dessa forma, percebemos um “desalinhamento” entre o *objeto* do GEPMM e o *objeto* original, primário, que constitui os sistemas de *atividade* da aluna Taty cujo resultado se materializa no diploma de engenheira. Tal “desalinhamento” se tornou visível aos nossos olhos pela participação incipiente da aluna no GEPMM. A própria participação incipiente faz parte da *agency*, sendo configurada como uma maneira de agir, de atuar. A aluna nos contou que ao cursar uma disciplina específica do curso de Engenharia, havia realizado um trabalho em grupo e que teria se empenhado bastante e aprendido muita coisa de “analógica”, mesmo sem ter feito a disciplina de Analógica formalmente. Afirmou que “*a interação, o trabalho em grupo [...] uma semana de laboratório e você aprende coisa, que assim, às vezes em uma matéria inteira ficava bem mais ou menos.*” Observe que, como o trabalho em grupo que a aluna nos contou foi uma atividade avaliativa, que resultaria em pontuação, estaria bem “alinhada” aos objetivos de ser aprovada e/ou ter boas notas na referida disciplina. Talvez isso

corrobore a suspeita de que se as *atividades* de Modelagem resultassem em pontuação em alguma disciplina, de fato os alunos participariam de forma mais efetiva do que pudemos observar na construção dos dados para a presente pesquisa. Sendo assim, para que os alunos participassem efetivamente das *atividades* do GEPMM, tornaram-se necessários ajustes ao *modelo*, conforme explicitarei anteriormente.

Com base nas ideias de Leontiev, ainda poderíamos analisar que, na verdade, os alunos apenas cumprem o que é demandado no *contrato didático institucionalizado* – estudar para serem aprovados nas disciplinas e/ou obterem boas notas – e isso constitui ou influencia fortemente a *agency* observável nos procedimentos implementados. Contudo, com isso, os *sujeitos* foram desapropriados e desapropriam a si mesmos do sentido do que fazem, pois a *atividade* formativa acaba perdendo sua especificidade, restando-lhes apenas um trabalho alienado, quer se trate do aluno ou do professor, “e esse trabalho, temos de admiti-lo, é chato, muito aborrecido” (CHARLOT, 2013, p. 154). O aluno Pedro, acabou confirmando essa concepção. Nas palavras dele, extraídas das transcrições da entrevista inicial, podemos ver:

*Quanto a Cálculo, a visão que a gente tem, infelizmente, é que é uma coisa chata, é blábláblá. Eu já ouvi de alguns colegas que Cálculo não é uma coisa que você usa tanto, muita gente não tem noção da importância do Cálculo [...] esse mito que se tem: “ah o cálculo é difícil, mas não tem importância” acaba desestimulando o pessoal e aí sim que você às vezes consegue até ser aprovado na disciplina, mas não tem um aprendizado real.*

O aluno Pedro ainda expôs, na entrevista inicial, que, em sua visão, faltavam projetos que objetivassem mostrar para os alunos a “*verdadeira importância do Cálculo e que estimulasse os alunos a entenderem o assunto, a estudarem mais*”, demonstrando acreditar que o GEPMM pode cumprir esse objetivo. Contudo, ao deixar de participar do GEPMM por falta de tempo e por parecer priorizar a aprovação nas disciplinas, o aluno acabou por promover uma possível desapropriação de si mesmo, do sentido do que faz – *sujeito* em formação, àquele que deseja se apropriar de conhecimentos –, restando-lhe apenas um trabalho alienado, subtraído de seu desejo manifestado: ter “*um aprendizado real*”.

Cabe ressaltar que os dilemas vivenciados pelos alunos quanto à participação no GEPMM, especialmente, a participação em múltiplas *atividades* demandadas pela formação em Engenharia *versus* a falta de tempo para darem conta de participarem efetivamente das referidas *atividades* pode ter resultado na decisão de deixarem de participar dos encontros do GEPMM. Isso não aconteceu somente com os alunos. O docente Robson, por exemplo, participou de apenas dois encontros do GEPMM, atribuindo suas ausências a outras demandas

de trabalho, como viagens a congressos, participação de bancas de conclusão de cursos e atividades administrativas. A docente Clarice, após o décimo encontro, enviou um *e-mail* a todos os integrantes do GEPMM informando que, em virtude do início de seu processo de doutoramento, teria que se ausentar do GEPMM por, pelo menos, alguns anos. Todas essas atitudes perfazem a *agency* inerente às repostas dos *sujeitos* às referidas demandas.

Ainda no segundo encontro do GEPMM, escolhemos o primeiro tema a ser desenvolvido por nós – “peso corporal ideal”. Após tal escolha, o professor Angel compartilhou uma informação que acabara de ter acesso por meio do manuseio de seu *notebook* que permanecia ligado e conectado na *internet*, informando-nos sobre um edital aberto no *site* do CNPq. Tal edital era sobre gênero e relações de trabalho. O professor Angel se mostrou muito animado em elaborarmos um projeto para submetemos à ampla concorrência preconizada pelo referido edital.

Decidimos construir um projeto para submissão, ainda que tivéssemos apenas seis dias corridos, incluindo sábado e domingo, para tal confecção. Taty tentou ajudar nessa empreitada e disse ter o projeto inteiro escrito sobre gênero e somente teríamos que “adaptá-lo” para a área da Engenharia. A aluna referiu-se ao projeto que ela estava desenvolvendo como bolsista de Iniciação Científica. Decidimos lutar contra o tempo e escrever esse projeto para a submissão. O projeto foi intitulado *Relações de Gênero no Trabalho das Engenheiras do Setor industrial: uma análise das condições de trabalho e das competências e habilidades matemáticas* cujo objetivo principal era “compreender as relações de gênero estabelecidas no trabalho das engenheiras que atuam em empresas do setor industrial mineiro por meio do entendimento das condições de trabalho e das habilidades e competências matemáticas requeridas na atuação laboral da área especificamente estudada.” E os objetivos específicos eram:

- Caracterizar as condições de trabalho de mulheres engenheiras das principais empresas do setor industrial mineiro da região do Vale do Aço e da cidade de Itabira;
- Estabelecer as diferenças proporcionais de gênero na ocupação de cargos de engenharia, buscando analisar as peculiaridades de cada uma das classes de trabalhadores – homens e mulheres;
- Analisar as competências e habilidades matemáticas requeridas para a efetiva atuação em cargos de engenharia ocupados por mulheres e sua respectiva comparação entre os mesmos cargos ocupados por homens;
- Utilizar os resultados da pesquisa como aporte teórico para a tomada de decisões relacionadas aos currículos dos cursos de Engenharia da UNIFEI, no que se refere à questão de gênero, ainda deixada de lado nos projetos pedagógicos dos cursos, assim como o fornecimento dos mesmos subsídios para que outras instituições possam fazer uso;

- Aplicar os resultados como agentes que podem motivar os estudantes dos cursos de Engenharia da UNIFEI a refletirem sobre questões relacionadas ao gênero no trabalho e na formação em engenharia.

Submetemos o trabalho na data limite – dia 14 de novembro de 2012. Contudo, o CNPq não o aprovou. O parecer questionou sobre a área de atuação dos docentes que iriam executá-lo, ou seja, por não termos produção científica na área, fomos impedidos de realizar a pesquisa, a menos que quiséssemos fazê-la sem ter projeto algum submetido e, conseqüentemente, sem ter auxílios financeiros para sua execução.

Mas, por que, em um grupo que originalmente orientaria suas *atividades* pelos *objetos* materializados por questões-problema matemáticos e estudantes de Engenharia, tomaria uma pesquisa sobre gênero no trabalho de Engenharia como *objeto* de uma *atividade* paralela? Tentarei analisar a referida *atividade* como constituinte de sistemas de *atividade* híbridos – múltiplos contextos de *atividades* paralelos e as respectivas *multi-agencys* (DANIELS et al., 2010a).

A estrutura do trabalho docente em instituições federais de ensino superior brasileiras está baseada no tripé: ensino-pesquisa-extensão. Tais instituições estão entre as instituições públicas mais submetidas a avaliações de desempenho. A grande questão que se faz necessário pontuar, é que tais avaliações podem muito bem verificar quantitativamente o desempenho de tais instituições, pelas quantidades de diplomas concedidos e artigos publicados, porém não conseguem captar bem os conteúdos inerentes aos diplomados e à qualidade das publicações. Nesse sentido, em artigo publicado no jornal Folha de S.Paulo, o professor José Maria Alves da Silva<sup>154</sup>, do Departamento de Economia da Universidade Federal de Viçosa-MG, esclarece que:

Tirando o que é gasto na elaboração de projetos, produção em massa de artigos, preenchimento de relatórios, atualização de currículos, participações cada vez mais frequentes em bancas, reuniões etc., sobra pouco tempo para pensar e outras finalidades importantes, como aperfeiçoar metodologias de ensino ou enriquecer conteúdos disciplinares. Quando o “produtivismo” impera na academia, aulas, conferências e palestras brilhantes ou qualquer outro tipo de comunicação fora dos meios reconhecidos não contam, por mais que sirvam para solucionar problemas, enriquecer espíritos ou abrir novos caminhos de pensamento (SILVA, 2012).

Nesse sentido, a participação no GEPMM poderia até constituir importante meio para a formação dos *sujeitos* partícipes, em termos de abrir novos caminhos de pensamento, solucionar problemas da realidade não matemática em questão e/ou ajudar na melhoria da

---

<sup>154</sup> Doutor em Economia.

prática, mas, de todo modo, fora dos meios reconhecidos não “conta”, não soma, não produz “quantidade” nas avaliações de desempenho. Sendo assim, o *objeto* da referida *atividade* paralela a transforma não em uma *atividade* vital dos *sujeitos* e sim em puro meio de “subsistência”. Naquele momento, reflexões sobre qual a importância e a quem serviria aquilo que estaríamos produzindo parecem não ter acontecido. Estava constituída uma *atividade* alienada. Aqui, assumo o termo alienação em Marx. Alienação no sentido de perpetuar a dicotomia entre os que pensam e os que executam devido à inserção dos *sujeitos* no sistema de formação superior estabelecido nas e pelas universidades federais brasileiras, que refletem a organização do modo de produção capitalista – alienação como fenômeno social.

Sánchez Vázquez (1977) busca em Marx a relação alienante que pode ser estabelecida entre os *sujeitos* e seus *objetos* – demandas sociais – em uma *atividade* humana, enfatizando uma possível “desgovernança”, um verdadeiro *runaway object* (ENGESTRÖM, 2010a).

As palavras de Marx (1845), em sua obra *A ideologia alemã*, esclarecem que:

O poder social, isto é, a força de produção multiplicada, que nasce por obra da cooperação dos diversos indivíduos sob a ação da divisão do trabalho aparece diante desses indivíduos, por não se tratar de uma cooperação voluntária, mas sim natural, não como um poder próprio, associado, e sim como um poder alheio, situado à margem deles, que não sabem de onde vem nem para onde vai e que, por conseguinte, já não podem dominar... (p. 33 apud SÁNCHEZ VÁZQUEZ, 1977, p. 442).

Realmente, não podíamos dominar o *objeto* configurado pelo/no referido projeto submetido ao CNPq. O próprio contexto institucional estava permeado pelo modo de produção e de exploração do sistema capitalista, imposto pela burguesia, tendencioso à perpetuação da dicotomia entre os trabalhadores intelectuais e os trabalhadores técnicos, entre os produtores/construtores e os operadores. Com isso, o contexto implicava em nossa não reflexão: permanecíamos sem saber qual a importância da referida *atividade* e a quem ela serviria. O que pensávamos poderia estar desconectado do que pretendíamos executar. Nas palavras de Angel, retiradas das transcrições do segundo encontro do GEPMM, podemos encontrar a seguinte ponderação: “*nossa, é dinheiro demais! São oito milhões só pra projetinhos para falar de mulher!*” De fato, Angel não parece realmente estar “preocupado” com as questões de gênero no trabalho em Engenharia e, mais do que isso, parece não perceber a real importância de se pesquisar a respeito desse tema. Com isso, percebemos que, ao menos para Angel, o *objeto* principal da *atividade* não parece estar alinhado ao seu *motivo*.

Atualmente, as avaliações de desempenho tendem a controlar externamente o trabalho docente, cujo *objeto* de sua *atividade* pode se tornar alheio aos *sujeitos*. Nesse sentido, seria pertinente questionar qual valor de *uso* e de *troca* estaria permeado em tal *objeto* contraditório. Sendo assim, o valor de uso, referindo-se à utilidade de tal *objeto* (projeto submetido ao edital do CNPq), poderia estar configurado pela materialização dos objetivos principal e específicos expostos anteriormente neste texto. Adicionalmente, o valor de troca, para os docentes, parece estar restrito a uma quantificação nos meios de reconhecimento e controle do trabalho docente em instituições federais de ensino superior brasileiras, entre eles, o currículo *Lattes* e os “números” da CAPES e do CNPq. Já para os discentes, o valor de troca parecia estar relacionado com as possibilidades de ganhos reais, financeiros, mediante o fornecimento de bolsas de pesquisa, cujo valor seria de R\$ 400 mensais. No valor de troca, poderiam ser encontrados os *motivos* que impulsionaram tal *atividade*, que articulariam uma necessidade a tal *objeto*. Contudo, os dados construídos para a presente pesquisa não me fornecem subsídios para tecer uma análise rigorosa sobre os *motivos* que impulsionaram tal *atividade*, apenas uma sinalização, conforme descrição anterior.

Estaria, em todo caso, configurada uma *parceria* possibilitada pela participação dos *sujeitos* no referido grupo, que, sem dúvida alguma, permitiu uma movimentação na *Zona de Desenvolvimento Proximal* (ZDP) das *atividades* docente-discente, devido a uma diminuição do distanciamento historicamente constituído entre docentes e discentes, permitindo e facilitando as interações e o diálogo entre os docentes e, portanto, favorecendo o desenvolvimento coletivo de iniciativas (*agency*) que ressaltem a satisfação de demandas na condição de trabalhadores de universidades brasileiras na contemporaneidade. Pesquisa e inovação científica surgem, nesse caso, como “novas” práticas sociais que atendem às necessidades impostas pelas universidades. Nesse sentido, um processo mediado pelo agir comunicativo ocorreu e se materializou no referido projeto submetido ao CNPq. Da mesma forma que juntamos forças e conseguimos elaborá-lo, poderíamos fazê-lo em outros editais que fossem abertos posteriormente.

Sendo assim, as possibilidades de interação mediadas pela linguagem, pelo diálogo entre os parceiros do GEPMM parece ser um fator preponderante para, não somente a elaboração de projetos de pesquisa a serem submetidos em editais do CNPq, mas, sobretudo, para a ampliação das possibilidades de reflexão acerca de sua própria *atividade* docente.

Desse modo, estaria configurado um importante espaço de formação continuada para os docentes com relação às múltiplas *atividades* (ensino, pesquisa, extensão) que

desenvolvem na instituição. Docentes que lecionam disciplinas de Cálculo, atuando conjuntamente com docentes de outras áreas dos cursos de Engenharia e com alunos em formação, podem ser considerados parceiros. Uma rede de aprendizagem foi configurada no e pelo GEPMM. A aprendizagem expansiva a partir do movimento da *ZDP da atividade docente* somente se materializou pela construção de redes – parceria; uma reflexão que cabe aqui é que juntos, coletivamente, a *atividade dos sujeitos* docentes e discentes de cursos de Engenharia pode assumir uma nova forma, possivelmente com um *objeto* mais alinhado aos atuais *objetivos* da formação em Engenharia.

### **5.3 Terceira modalidade – Modelagem e a *caixa-preta* do “peso corporal ideal” num contexto de formação em Engenharias: do Cálculo em *ação* às aprendizagens expansivas como transformações qualitativas do *objeto da atividade***

[...] todos os atores estão fazendo alguma coisa com a caixa preta (...) eles não a transmitem pura e simplesmente, mas acrescentam elementos seus ao modificarem o argumento, fortalecê-lo e incorporá-lo em novos contextos (LATOURET, 2000, p. 171).

A sociedade atual vem passando por importantes transformações nos últimos anos mediante avanço e difusão de ferramentas de comunicação e informação. Castells (2005, p. 17) pontua que a “sociedade emergente tem sido caracterizada como sociedade de informação ou sociedade do conhecimento”, apesar de demonstrar, no referido texto, que não concorda com tal terminologia. O autor afirma ainda que “a tecnologia é condição necessária, mas não suficiente para a emergência de uma nova forma de organização social baseada em redes” (CASTELLS, 2005, p. 17); segundo ele, “difundir a Internet ou colocar mais computadores nas escolas, por si só, não constituem necessariamente grandes mudanças sociais” (CASTELLS, 2005, p. 18).

Considero, assim, que “a sociedade em rede<sup>155</sup> é a sociedade de indivíduos em rede” (CASTELLS, 2005, p. 22), global, baseada em redes globais, em que a comunicação em redes transcende fronteiras e pode ser entendida como segue:

A comunicação constitui o espaço público, ou seja, o espaço cognitivo em que as mentes das pessoas recebem informação e formam os seus pontos de vista através do processamento de sinais da sociedade no seu conjunto. Por outras palavras, enquanto

<sup>155</sup> “A sociedade em rede, em termos simples, é uma estrutura social baseada em redes operadas por tecnologias de comunicação e informação fundamentadas na microelectrónica e em redes digitais de computadores que geram, processam e distribuem informação a partir de conhecimento acumulado nos nós dessas redes.” (CASTELLS, 2005, p. 20).

a comunicação interpessoal é uma relação privada, formada pelos actores da interacção, os sistemas de comunicação mediáticos criam os relacionamentos entre instituições e organizações da sociedade e as pessoas no seu conjunto, não enquanto indivíduos, mas como receptores colectivos de informação, mesmo quando a informação final é processada por cada indivíduo de acordo com as suas próprias características pessoais (CASTELLS, 2005, p. 22).

Mas de que forma podemos entender e relacionar os termos informação, conhecimento e saber, em tal sociedade? Como as tecnologias estariam relacionadas a esses termos? Nesse sentido, considero que “as pessoas integraram as tecnologias nas suas vidas, ligando a *realidade virtual* com a *virtualidade real*, vivendo em várias formas tecnológicas de comunicação, articulando-as conforme as suas necessidades” (CASTELLS, 2005, p. 22, grifo meu).

Com o intuito de tentar responder ou ao menos propor uma breve reflexão sobre os termos informação, conhecimento e saber, começarei com a premissa de que no sentido amplo, uma “informação é um dado que se encontra no mundo objetivo, exterior ao indivíduo” (MICOTTI, 1999, p. 154), constitui um dado que pode ser “lido”, acessado e compreendido. Alguns autores pontuam imprecisões envolvidas na noção/conceito de informação na sociedade atual. Para Mattelart (2006), por exemplo,

A tendência a assimilar a informação a um termo proveniente da estatística (*data/dados*) e a ver informação somente onde há dispositivos técnicos se acentuará. Assim, instalar-se-á um conceito puramente instrumental de sociedade da informação. Com a atopia social do conceito apagar-se-ão as implicações sociopolíticas de uma expressão que supostamente designa o novo destino do mundo (MATTELART, 2006, p. 71).

No sentido exposto por Mattelart (2006), pode ser inclusa a noção de informação de Micotti (1999, p. 155), na qual “uma informação contém um suporte e uma semântica”; para Micotti (1999) uma mesma semântica (ideia, conceito) poderia ser conduzida por diferentes suportes (desenho, imagem, enunciado verbal) que percorreriam um mesmo canal (por exemplo: ótico, acústico etc.). Micotti (1999, p. 155) afirma ainda que “as informações penetram nos sistemas de tratamento – o corpo humano é um deles. O indivíduo as submete a uma série de ações e as transforma em conhecimento”.

No que tange à noção de conhecimento, Mattelart (2006) se apoia em Machlup (1962, p. 69, grifo do autor) e esclarece que “*informar* é uma atividade mediante a qual o conhecimento é transmitido; *conhecer* é resultado de ter sido informado”. Nisso, Micotti (1999) esclarece que:

o conhecimento é o resultado de uma experiência pessoal com as informações. Ele é subjetivo, relaciona-se com as vivências e as atividades de cada pessoa, ao passo que o saber tem aspectos subjetivos (individuais) e sociais. É individual, e deste ponto de vista, é também conhecimento, envolve a apropriação de informação por um sujeito, é interpessoal – o saber individual é confrontado com os saberes dos outros (MICOTTI, 1999. P. 155).

Com isso, o saber pode ser considerado como um objeto autônomo, registrado nos livros ou em quaisquer outros artefatos culturais e tecnológicos, podendo também, tornar-se enunciado acionado em interações diversas, no sentido de ser uma informação disponibilizada para outros indivíduos nas interações e suportadas por mídias diversas. Sendo assim, o saber pode ser considerado como uma relação cognitiva, produto de uma interação<sup>156</sup>, traçado na e pela historicidade e submetido aos processos coletivos de validação e transmissão (CHARLOT, 2000).

Sendo assim, informação, conhecimento e saber assumem características distintas, porém inter-relacionadas (MICOTTI, 1999). Para que uma informação se torne conhecimento é necessária uma internalização, uma interpretação daquela informação por parte dos sujeitos gerando conhecimento; no entanto, tal conhecimento se transforma em saber mediante análise rigorosa de uma coletividade – a comunidade científica, a sociedade – por meio de ações e interações, diálogo e orquestração (MICOTTI, 1999). Desta forma, “o saber compreende informação e conhecimento” (MICOTTI, 1999, p. 155).

Ainda, pretendo discorrer sobre o papel das interações com os modelos que permearam o GEPMM durante os dez primeiros encontros, no que tange às interações (e *agency*) necessárias para a elucidação dos modelos, assim como as possibilidades de interações tecnomediadas<sup>157</sup> oferecidas por tais *instrumentos* ou artefatos mediadores. Atribuo dois modelos tecnomatemáticos como fundamentais para auxiliar o entendimento da questão escolhida por nós, para ser solucionada coletivamente no GEPMM, conforme os atributos de nossas *agency*, bem como o acesso aos demais *instrumentos* necessários para possibilitar as *ações* em prol de atingir tal objetivo. O primeiro deles, constituído por um sistema de

---

<sup>156</sup> O termo interação aqui assumido é oriundo da teoria bakhtiniana de discurso, que carrega a definição de sujeito como um sujeito social que pertence a uma classe social na qual dialogam os diferentes discursos da sociedade. Além disso, os diálogos entre interlocutores se cruzam aos diálogos entre discursos. Sendo assim, “o dialogismo interacional de Bakhtin desloca o conceito de sujeito, que perde o papel de centro ao ser substituído por *diferentes vozes* sociais que fazem dele um sujeito histórico e ideológico” (BARROS, 2007, p. 27, grifo meu).

<sup>157</sup> A tecnomediação é entendida, neste texto, como sendo as interações mediadas por artefatos tecnológicos, que incluem as mais variadas ferramentas ou suportes tecnológicos, tais como a própria Matemática e os recursos cibernéticos, além de englobar diversos suportes de mediação, tais como a linguagem transmitida sob a forma oral, escrita e por gestos.

equações diferenciais ordinárias (EDO)<sup>158</sup>, fornece-nos o comportamento da variação das massas magra e gorda que compõe fundamentalmente o “peso corporal”, com base em mudanças energéticas – variação alimentar e variação de atividade física. O segundo deles, constituído por uma implementação computacional baseada no primeiro modelo, em uma tecnologia de interface para a *internet*, podendo ser acessado por meio da execução de um programa desenvolvido usando a linguagem *Java*<sup>159</sup> – um simulador<sup>160</sup>.

Na *atividade* de modelagem desenvolvida pelo GEPMM, durante a construção dos dados para a presente pesquisa, cujo tema consistiu na questão do “peso corporal ideal”, é necessário pontuar que o *objeto* da referida *atividade* havia sido esboçado idealmente pelos *sujeitos* partícipes originado de uma sugestão feita por mim. No momento da sugestão, algumas indagações já faziam parte do repertório de informações que possuíamos. Já conhecíamos algo sobre a questão. Dessa forma, naquele momento, um *objeto* nos era posto apenas e somente em relação a outras informações. Para fins de análise definirei tal *objeto* como *caixa-preta* do “peso corporal ideal” inicial –  $CP_0$ . Nesse sentido, Ladrière (1978) pode nos ajudar a entender a configuração de tal *objeto*:

É verdade que moldamos a natureza a partir de nossas próprias representações e que, deste modo, nos damos a nós mesmos a base de novas interpretações. A visão que temos da natureza não é nem uniforme nem imutável. Mas as coisas se passam assim, com muito mais razão, para a realidade social, que *remodelamos* sem cessar, mesmo sem o saber, à luz das interpretações através das quais a aprendemos, por meio das quais nos situamos em face dela, conformemente às quais compreendemos nosso lugar no jogo das *interações*. [...] partimos sempre de uma interpretação natural, mas dela passamos por uma interpretação construída, que é como que uma esquematização prévia à escolha do modelo (LADRIÈRE, 1978, p. 147, grifos meus).

O objetivo da *atividade* de Modelagem analisada nesta parte da tese poderia estar definido como: *entender/solucionar a problemática questão de quantificar as variações do*

$$^{158} \left\{ \begin{array}{l} \rho_G \frac{dG}{dt} = CI - k_G G^2 \\ \rho_F \frac{dF}{dt} = (1 - p) \left( EI - EE - \rho_G \frac{dG}{dt} \right), \text{ onde } G \text{ corresponde ao Glicogênio, } CI \text{ corresponde aos carboidratos} \\ \rho_L \frac{dL}{dt} = p \left( EI - EE - \rho_G \frac{dG}{dt} \right) \end{array} \right.$$

de entrada,  $EI$  denota a energia de entrada,  $EE$  a energia gasta,  $F$  massa gorda,  $L$  massa magra, os demais são coeficientes que dependem de correlação de dados iniciais. Tal sistema culmina na seguinte EDO linear de primeira ordem  $\left[ \frac{\eta_F + \rho_F + \alpha \eta_L + \alpha \rho_L}{(1 - \beta)(1 + \alpha)} \right] \frac{dBW}{dt} = \Delta EI - \frac{1}{(1 - \beta)} \left[ \frac{\gamma_F + \alpha \gamma_L}{(1 + \alpha)} + \delta \right] (BW - BW_0)$ . Equações disponíveis em:

[http://www.niddk.nih.gov/research-funding/at-niddk/labs-branches/LBM/integrative-physiology-section/body-weight-simulator/Documents/Hall\\_Lancet\\_Web\\_Appendix.pdf](http://www.niddk.nih.gov/research-funding/at-niddk/labs-branches/LBM/integrative-physiology-section/body-weight-simulator/Documents/Hall_Lancet_Web_Appendix.pdf) Acesso em 19/11/2014.

<sup>159</sup> Para maiores informações, ver [http://java.com/pt\\_BR/download/whatis\\_java.jsp](http://java.com/pt_BR/download/whatis_java.jsp)

<sup>160</sup> Simulador disponível em: <http://www.niddk.nih.gov/research-funding/at-niddk/labs-branches/LBM/integrative-physiology-section/body-weight-simulator/Pages/body-weight-simulator.aspx> Acesso em 19/11/2014.

*peso corporal mediante alterações na dieta e nos exercícios físicos cuja meta seria atingir um peso corporal desejado/ideal.* Tínhamos o conhecimento, por exemplo, que aumento de atividades físicas tende a diminuição no peso corporal, enquanto diminuições de calorias ingeridas tendem a diminuir o peso corporal; uma pessoa com peso corporal maior queima mais calorias do que uma pessoa com peso corporal menor em uma mesma atividade física; é necessário ingerir alimentos de três em três horas; uma pessoa deve ingerir entre 2.000 e 2.500 calorias por dia, entre outras informações que se relacionavam à  $CP_0$  naquele momento, moldando-a sob nossos olhares. Configurava-se um *objeto* a ser transformado, resultando em um entendimento ‘mais claro’ sobre tal questão, de forma que *instrumentos* de Cálculo fossem utilizados no processo de Modelagem.

Clarear no sentido de “acinzentar”: do cinza escuro (tendendo ao preto) para tons mais claros de cinza. Sendo assim, orientados pelo *objetivo* acima exposto, o *objeto* de nossa *atividade*, ao acessarmos informações que, por sua vez, geraram conhecimentos acerca da problemática, modificou a cor da *caixa-preta*, tornando-a cada vez mais clara (ou não) mediante as interações entre os sujeitos e as referidas fontes e recursos que suportavam as informações, entre elas, alguns artigos científicos. Vale ressaltar que “verdades” científicas (impressas em artigos científicos lidos pelos integrantes do grupo) transformam-se em comunicação pelas e nas interações, que, por sua vez, carregam o saber nela contidos, promovendo/gerando o entendimento, “clareando” as questões da sociedade.

Ainda é importante salientar que  $CP_0$  se constitui uma célula gérmen Davydoviana, que seria uma primária abstração da realidade em questão – a problemática questão do peso corporal ideal –, já que naquele momento nada de “concreto” havia sido produzido. Havia apenas uma transformação nos modos como pensávamos a realidade – a problemática-questão que estaria sendo tomada como o *objeto* da *atividade*, com um conhecimento a ser construído pela e na *atividade* de Modelagem que partiria daquela abstração primária e seria, mediante o desencadeamento do processo, elevada a um concreto pensado<sup>161</sup>.

Durante a realização da entrevista final, a aluna Taty ressaltou que não imaginava que o problema do peso corporal ideal fosse ter tantas variáveis, apesar de desconfiar que teria Matemática, ou seja, que a Matemática seria *instrumento* para a realização da Modelagem. Contudo, ressaltou que havia pensado que “*fosse ser uma coisa mais fácil, mais superficial*

---

<sup>161</sup> “[...] O método que permite elevar-se do abstrato ao concreto nada mais é do que o modo como o pensamento se apropria do concreto sob a forma do concreto pensado. Mas não é de modo algum o próprio concreto” (MARX, 1845 apud SÁNCHEZ VÁZQUEZ, 1977, p. 204).

[...] o problema se multiplicou [...] é como se o problema fosse uma raiz e criou um monte de galhinhos. Muitos galhinhos!” Naquele momento da entrevista, a observação de Taty quanto às ramificações inesperadas que levaram a uma expansão natural do problema fazia todo o sentido. Teríamos sim que trabalhar em vários ramos de uma “árvore”: um *objeto* desgovernado<sup>162</sup>. Engeström (2010a, p. 304) afirma que um *objeto* desgovernado pode ser um “objeto poderosamente emancipatório que abre radicalmente novas possibilidades de desenvolvimento e bem estar<sup>163</sup>”.

Sendo assim, a ascensão da abstração primária  $CP_0$  a um concreto conceitual expandido poderia não fazer parte de uma ascensão linear, de baixo pra cima, mas parece percorrer os vários “galhinhos de uma árvore”, conforme reflexão de Taty ou as *trilhas* e *micorrizas*<sup>164</sup>, conforme apontamento de Engeström (2010a). O autor se refere às *micorrizas* para tentar analisar *atividades* que acontecem em uma sociedade de indivíduos em rede, cujos caminhos do *objeto* de uma referida *atividade* podem ser destinados a percorrer os nós de uma *micorriza*, ou de uma verdadeira rede neural natural. Nesse sentido, localizamos  $CP_0$  no inicial momento da *atividade* de Modelagem, como uma “caixa-preta” que poderia estar localizada em um dos nós de uma *micorriza* ou de uma rede neural natural. Com isso, instalam-se  $n$  possibilidades iniciais para  $CP_0$  começar a se mover sob os caminhos da *micorriza*.

Na *atividade* analisada nesta parte da tese, demonstraremos os caminhos e os nós que constituíram o movimento do *objeto* de nossa *atividade*, mediante as possibilidades de interações firmadas na e pela *atividade*, que inclui claramente o acesso e o tratamento das informações que, por sua vez, geraram conhecimentos que promoveram a movimentação – trajetória do *objeto* em questão.

No decorrer da *atividade* de modelagem do peso corporal ideal, os textos – artigos científicos –, podem ser entendidos como mídias que suportam modelos matemáticos – podem ser considerados *aparatos da razão*<sup>165</sup> (SKOVSMOSE, 2007) e, ao mesmo tempo, o

<sup>162</sup> *Runaway object* (ENGESTRÖM, 2010a).

<sup>163</sup> Tradução realizada por mim de “powerfully emancipatory objects that open up radically new possibilities of development and well-being”.

<sup>164</sup> Engeström (2010a) entende que uma *micorriza* é uma associação mutualística do tipo simbiótica, na qual a relação mutualística estaria baseada na vantagem mútua de interação entre duas espécies que se beneficiariam reciprocamente. Tal associação é existente em algumas espécies de fungos e raízes de algumas plantas. Em Engeström (2008), podemos encontrar ainda a premissa de que as equipes que constituem e são constituídas em coletividades que assumem *atividades* orientadas deveriam ser pensadas atualmente sob a ótica da sociedade em rede. Sendo assim, as equipes coexistiriam a uma relação de nós de uma rede da atual sociedade em rede.

<sup>165</sup> Skovsmose (2007) pontua que

1) o “aparato da razão” é uma complexidade construída que inclui uma variedade de técnicas científicas e tecnológicas cruciais para o desenvolvimento e manutenção tecnológica;

conjunto desses *aparatos da razão* (modelos matemáticos) constitui suporte/embasamento para a elaboração do *software bwsimulator*. Com isso, podemos refletir que “modelos criam modelos e uma camada de matemática sobre a outra se finca na realidade” (SKOVSMOSE, 2007, p. 127).

Nesse sentido, podemos considerar ainda que o próprio *objeto* inicial  $CP_0$  pode ser considerado como um *aparatado da razão* (SKOVSMOSE, 2007). Nisso, o autor enfatiza a complexidade em entender/explicar a produção de conhecimento sob a ótica dos *aparatos da razão*. Há uma posta dificuldade ou impossibilidade de *transposição das fronteiras* de/em tais aparatos. Para isso, o autor indica a necessidade de colocarmos a tecnologia disponível em ação, a fim de avaliar como ela trabalha. O autor esclarece ainda que “construções tecnológicas ainda não realizadas (isto é, situações hipotéticas) podem ser especificadas em detalhes pela modelagem matemática e o raciocínio hipotético pode se tornar um instrumento essencial para indicar as implicações” (SKOVSMOSE, 2007, p. 140).

No que tange à *atividade* de modelagem realizada pelo GEPMM, que pretendeu a abertura da *caixa-preta* do peso corporal ideal, o *aparatado da razão* definido pelos conteúdos de Cálculo, incluindo as Equações Diferenciais Ordinárias (EDOs), foi de crucial importância para possibilitar a avaliação das consequências das ações sociotecnológicas criadas nos e pelos outros *aparatos da razão* que permearam tal *atividade*. Esses outros *aparatos da razão* emergiram nas *ações* e interações mediadas por variados artefatos, entre eles, artigos científicos, livros e *softwares* de simulação.

As questões de acesso à informação ou caminhos para o acesso devem ser colocadas em relevo no que tange às transformações do *objeto* da referida atividade de modelagem. A seguir darei continuidade a essa parte da análise explicitando as transformações qualitativas do *objeto* da *atividade*, para tal, explicitarei a formação de outras quatro *caixas-pretas* (ou cinzas), a saber,  $CP_1$ ,  $CP_2$ ,  $CP_3$  e  $CP_4$ , esboçando, assim, um movimento de *ascensão do abstrato ao concreto* no sentido do “clareamento” da questão do peso corporal ideal.

Quando  $CP_0$  foi tomada como *objeto* da *atividade* de modelagem, podíamos caracterizar traços de relações com outras *caixas-pretas*; na verdade,  $CP_0$  coexistia a tais

- 
- 2) o “aparatado da razão” estabelece propensões da sociedade para uma ação sociotecnológica que somente torna-se possível pela matemática em ação;
  - 3) o “aparatado da razão” está se desenvolvendo em saltos imprevisíveis, seguindo uma rota fluida na qual novas competências são continuamente postas nessa enorme caixa de ferramentas do projeto tecnológico;
  - 4) o “aparatado da razão” inclui novos padrões de qualidade que orienta-se pela criação de um novo discurso por meio de uma variedade de elementos da ciência;
  - 5) o “aparatado da razão” representa a unificação do conhecimento do poder sendo considerado uma constelação de conhecimento disponível.

relações. Tínhamos o conhecimento, por exemplo, que  $CP_0$  relacionava-se com os modelos matemáticos, com taxas de consumo energético, taxas de metabolismo, nutrição, educação física, bioquímica, entre outras *caixas-pretas*. Mas, como  $CP_0$  se relacionava a elas, pretendíamos entender, já tendo como premissa que instrumentos de Cálculo seriam necessários para tal “clareamento”. Não imaginávamos, naquele momento, que instrumentos de programação de computadores e *softwares* emergiriam como artefatos mediadores na referida *atividade*, nem tampouco como essas *caixas-pretas* se relacionariam às outras.

Dividirei o processo de “clareamento” de  $CP_0$  em quatro saltos (de  $CP_0$  a  $CP_4$ ), podendo ser caracterizados pelo acesso e pela interação com os artefatos mediadores que permearam a *atividade*. Categorizarei os artefatos mediadores ( $AM_i, i = 1, \dots, 4$ ) da seguinte maneira: chamarei de  $AM_1$  o conjunto de todos os artefatos que mediaram a *atividade* de modelagem da problemática questão do peso corporal ideal até o momento que encontrei e interagi com a revista Cálculo na sala dos professores do CEFET-MG-Timóteo, não incluindo as informações da revista em  $AM_1$ . Esse momento ocorreu entre o quinto e o sexto encontro do GEPMM. Além disso,  $AM_2$  será considerado como a união de  $AM_1$ , com o conjunto unitário cujo elemento seja a revista *Cálculo*<sup>166</sup>. Seguindo com essa construção, definirei  $AM_3$  como sendo a união de  $AM_2$  com o conjunto unitário cujo elemento seja o *software bwsimulator*<sup>167</sup> e, finalmente, definirei  $AM_4$  como sendo a união de  $AM_3$  com o conjunto formado pela coleção de modelos matemáticos e suas relações ao fenômeno da mudança de peso corporal sob a forma de linguagem escrita cujo suporte é o artigo científico *webappendix*<sup>168</sup>.

Conforme exposto no Capítulo 2 desta tese, entendo que uma *caixa-preta*, na verdade nunca é nem totalmente preta e nem totalmente branca, ou seja, nem  $CP_0$  era totalmente preta nem  $CP_4$  será totalmente branca depois de aberta:  $CP_0$  havia sido construída pelos *sujeitos* do grupo num processo de interação entre eles mediante inquietações, resultando em uma abstração primária da problemática questão do peso corporal ideal. Caso essa afirmativa fosse falsa, estaríamos reforçando a ideologia das verdades “absolutas” e inquestionáveis, assim como o contrário. A variação de cores permitida entre o preto e o branco pertence à categoria dos infinitos tons de cinza. Entre tais infinitos tons de cinza destacam-se as  $CP_i, i = 0, \dots, 4$ .

<sup>166</sup> Revista intitulada *Cálculo* (ano 2, número 20, setembro de 2012, editora segmento).

<sup>167</sup> <http://bwsimulator.niddk.nih.gov/>

<sup>168</sup> [http://bwsimulator.niddk.nih.gov/Hall\\_Lancet\\_Webappendix.pdf](http://bwsimulator.niddk.nih.gov/Hall_Lancet_Webappendix.pdf).

Sendo assim, a *caixa-cinza* resultante de um primeiro nível da transformação qualitativa do *objeto* da *atividade* –  $CP_1$ , pôde ser visualizada tomando-se por base as seguintes características: resultado do conhecimento produzido pelo acesso e pela interação com as informações contidas em  $AM_1$  sobre  $CP_0$ . As *ações* que foram realizadas nesse sentido aconteceram durante o segundo, terceiro, quarto e quinto encontros do GEPMM e nas interações entre os *sujeitos* e instrumentos contidos em  $AM_1$  fora desses momentos, num sentido espacial e físico. Além das interações face a face, entre *sujeitos*, faz-se necessário incluir as interações mediadas por instrumentos de informação e comunicação, baseados nas e pelas tecnologias computacionais, incluindo a *internet*, tais como *e-mails* e a rede social *Facebook*. Um *instrumento* foi construído pelos *sujeitos* do GEPMM como resultado da apropriação dos conhecimentos contidos em artefatos de  $AM_1$ , gerando um modelo idealizado (também contido em  $AM_1$ ) para representar a problemática questão do peso corporal ideal. O seguinte trecho foi extraído das transcrições das filmagens do quinto encontro do GEPMM. Nele podemos observar um modelo matemático emergente ainda nebuloso:

**Eu:** *Na verdade, vai dar um sistema. Vai dar um sistema de interdependência aqui [aponto para três lugares distintos na mesa, como se representassem três “caixinhas”] (...) as variáveis peso, altura, gênero e idade, na verdade elas não vão ser variáveis, elas vão ser uma constante, ou seja, ela é variável do ponto de vista de cada um [cada pessoa], mas para a fórmula ela vai ser uma constante (...) aí a gente coloca essa variáveis só com coeficientes da equação (...) porque todos os três são energias né? Tipo assim, melhorando esse modelo básico seria: o tanto de atividade física, ou seja, o gasto calórico, porque na verdade, essas três coisas são energias, tanto do alimento que é energia que entra, quanto do exercício que é uma energia que sai desse sistema e o basal também é uma energia que vai tá sendo gasta. Vamos tentar equacionar, como se fosse assim: o gasto energético, a taxa de energia, não importando se ela é uma taxa positiva ou uma taxa negativa. O quê que vocês acham?*

**Robson:** *razoável!*

**Eu:** *porque se a gente coloca assim as três equações como taxas de energia, né é claro que elas vão se alterar né, uma vai ser, sei lá, P, a outra Q, a outra R...*

**Angel:** *Tá, mais aí se você pensar na questão de classe já tem que pensar no que você tá querendo vincular, edo, pra depois encontrar o resto, é, essa que é a sua ideia? Aí cê teria que pensar qual seria a antiderivada dessa taxa, relacionada a essa parte de dieta, porque lá na parte de física, de Cálculo a gente sabe o quê que está relacionado com o quê; agora nessa parte daqui eu já não sei [risos].*

**Eu:** *então a gente vai ter que buscar nos dados que a gente já tem mapeados nesse livro por exemplo. Talvez a gente pudesse começar com a terceira que é a parte da atividade física, entendeu? (...) eu não sei se vai dar pra ser uma edo bonitinha ou se na verdade isso daí é um trem nebuloso, entendeu? Porque cada um vai se subdividindo entre outros, e outras...*

Naquele momento, apesar de não termos ainda uma escrita matemática formal, tínhamos um modelo emergente, um novo *instrumento* sendo construído pelas e nas interações entre nós – *sujeitos* – e os *instrumentos* que permeavam a *atividade*. Esse novo

*instrumento* idealizado acabava por promover uma transformação qualitativa no *objeto* da *atividade*, gerando, assim, a  $CP_1$ , ou seja, a questão do peso corporal havia se modificado qualitativamente mediante a interação com tal artefato mediador – o modelo emergente. Ainda, podemos analisar que outro resultado da *atividade* realizada pelo grupo até aquele momento, estaria estampado em  $CP_1$ , relacionado à idealização de um novo *objeto* para a *atividade* que somente pôde ser realizada mediante apropriação do referido novo *instrumento*. Refiro-me aqui, a idealização que objetivou a construção de um *software* - um modelo tecnológico- como resultado das *ações* orientadas pela e na *atividade* de modelagem em questão.

Contudo, depois do quinto encontro, tive acesso a uma informação que, de fato, levou a alterações nas trilhas do movimento de transformação do *objeto* da *atividade* de modelagem analisada nesta parte da tese. Refiro-me à revista *Cálculo*<sup>169</sup>. Em 17 de dezembro de 2012, ao realizar as *atividades* de docência no CEFET-MG-Timóteo (instituição na qual sou professora), deparei-me com a referida revista sobre a mesa da sala dos professores. Li o que estava escrito na capa da revista. Nela estava contida a seguinte frase: “Extra! Emagrecer demora três anos!”. Imediatamente abri a revista e comecei a folhear as páginas em busca da matéria completa. Nesse sentido, tal *ação* estava direcionada ao cumprimento de *objetivos* parciais relacionados à *atividade* de modelagem na qual participava no GEPMM. Ao realizar interações mediadas pelas informações impressas, sob a forma de linguagem escrita grafadas nas páginas da referida revista, inaugurava-se uma nova fase, um novo caminho, uma nova trajetória para a *atividade* de modelagem. Estaria, então, constituído o conjunto  $AM_2$  como união dos *instrumentos* que permeavam a *atividade* anteriormente a esse momento, adicionando ao conjunto  $AM_1$  esse novo *instrumento*. A importância desse novo *instrumento* não se restringia às informações nele contidas, mas, sobretudo, as que estariam por vir.

Sendo assim, a *caixa-cinza*, resultante de um segundo nível da transformação qualitativa do *objeto* da *atividade* –  $CP_2$  –, pôde ser visualizada, tomando-se por base as seguintes características: resultado do conhecimento produzido pelo acesso e interação com as informações contidas em  $AM_2$  sobre  $CP_1$ . As *ações* que foram realizadas nesse sentido aconteceram entre o quinto e o sexto encontro do GEPMM. Sendo assim, a *caixa-cinza* 2 pode ser considerada como resultado das interações mediadas pelas técnicas de leitura e apropriação de informações contidas na revista *Cálculo*, considerada como novo *instrumento* de mediação que permeou a *atividade*, alterando seu rumo, sua trajetória. Tal *instrumento* foi

---

<sup>169</sup> Revista intitulada por *Cálculo* (ano 2, número 20, setembro de 2012, editora segmento).

utilizado com o objetivo de adequação do *objeto* ainda idealizado, uma abstração de segundo nível, rumo a um *objeto* real – concreto conceitual expandido. Dessa forma, a leitura da matéria da revista *Cálculo* possibilitou um movimento na ZDP da *atividade* entre as “idealizações” elaboradas no nível 1, levando à alteração de rota, de rumo, a um *objeto desorientado*.

Na verdade, o acesso realizado por mim ao site <http://bwsimulator.niddk.nih.gov/> ocorreu numa segunda-feira (17/12/2012), dia anterior ao sexto encontro do GEPMM. Mesmo estando distantes (no sentido de que eu estava na cidade de Timóteo-MG, a 100 km de Itabira-MG), utilizei a rede social *Facebook* e enviei, imediatamente, uma mensagem aos integrantes do GEPMM e à docente do Departamento de Nutrição da UFOP. O intuito dessa *ação* seria o compartilhamento horizontal de informações entre os integrantes do grupo, com o intuito de pensarmos juntos, baseados nas informações que acessássemos, assim como os demais *instrumentos* que pudessem mediar nossas *ações*, mesmo distantes fisicamente uns dos outros.

No início do sexto encontro, que ocorreu em 18/12/2012, perguntei aos parceiros se eles tinham acessado o grupo virtual de modelagem no *Facebook* e, conseqüentemente, visto minha mensagem sobre o acesso às informações contidas na matéria da revista *Cálculo*, mas eles responderam que não; que não tinham acessado o grupo no *Facebook* e, conseqüentemente, não haviam sido informados sobre a “tal” nova informação. Pois bem, decidi compartilhar naquele momento as novas informações.

Com o auxílio de um computador portátil, acessamos ainda durante o sexto encontro, o site <http://bwsimulator.niddk.nih.gov/> e começamos nossa análise sobre o modelo que acabara de ser imerso na *atividade* de modelagem. Estaria, então, constituído o conjunto  $AM_3$  como união dos *instrumentos* que permeavam a *atividade* anteriormente a esse momento, adicionando ao conjunto  $AM_2$  esse novo *instrumento*. Sendo assim, a *caixa-cinza* 3, resultante de um terceiro nível da transformação qualitativa do *objeto* da *atividade* –  $CP_3$  –, pôde ser visualizada, tomando-se por base as seguintes características: resultado do conhecimento produzido pelo acesso e interação com as informações contidas em  $AM_3$  sobre  $CP_2$ . As *ações* que foram realizadas nesse sentido aconteceram, na maioria das vezes, no sexto encontro do GEPMM.

No sexto encontro, realizamos algumas simulações com o auxílio do *bwsimulator*; nessas interações *sujeito-instrumento-objeto*, esperávamos obter respostas para nossas inquietações no que tange à problemática questão por nós estudada, modelada e, até então, tomada sob a forma de  $CP_3$ . Nesse sentido, Kaptelinin (1996) pontua que uma das mais

importantes funções dos *instrumentos* computacionais na estrutura da *atividade* humana parece ser a **extensão da estrutura cognitiva**, referida pela Teoria da Atividade como o *Plano de Ações Internas* (PAI) da *atividade*, não apenas como acreditam alguns autores que a mais importante função dos *instrumentos* computacionais seria a extensão da memória; nesse sentido, a principal função dos *instrumentos* computacionais nas *atividades* humanas, consistiria na função de simulação<sup>170</sup> de resultados potenciais de eventos possíveis, antes mesmo de realizar *ações* na realidade.

Sendo assim, as interações tecnomediadas pelos artefatos computacionais corresponderiam a um salto cognitivo estrutural da própria *atividade* humana. Porém, como avaliar esse salto sob o ponto de vista de análises pela Teoria da Atividade? De certo, é necessária uma análise para além dos *instrumentos*, para além de tentar explicitar o papel deles em uma dada *atividade* humana. É necessário, antes de qualquer coisa, analisar onde, por quem, para quê e como são usadas as tecnologias computacionais em *atividades* humanas. Análises que focam o(s) papel(éis) de *softwares* ou outras tecnologias computacionais em *atividades* humanas parecem desconsiderar o fato de que a natureza em si não constrói *softwares* nem quaisquer outros *instrumentos* cibernéticos; todos eles são produtos dos homens, da *atividade* humana e constituem energia científica ou inovadora materializada. Sendo assim, o *software* somente existe e deve ser considerado como um artefato que medeia as interações ou as possibilidades delas entre os *sujeitos* e o *objeto* da *atividade* analisada.

Com isso, uma análise que aqui se faz oportuna estaria baseada nas interações entre os *sujeitos*, mediadas pelo artefato *Human Weight Simulator* (HWS<sup>171</sup>) e, para além de analisar as formas de interação, explicitar as possibilidades geradas por tais interações no que tange ao movimento da própria *atividade* de modelagem em questão.

O acesso ao site <http://bwsimulator.niddk.nih.gov/> somente foi possibilitado mediante acesso à revista *Cálculo* pertencente ao conjunto  $AM_2$ . Não somente o acesso, mas, principalmente, as interações entre *sujeito* e discursos nela contidos. Constituiu-se, dessa forma, o conjunto  $AM_3$ . Os *sujeitos* passaram, então, a interagir com os *instrumentos* de  $AM_3$ , realizando *ações* mediadas por seus elementos com vistas a modificar  $CP_2$  e gerar  $CP_3$ . A seguir, explicitarei algumas das interações-chave que podem ser ressaltadas em tal processo:

---

<sup>170</sup> Nesse sentido, Skovsmose (2007) enfatiza que “construções tecnológicas ainda não realizadas (isto é, situações hipotéticas) podem ser especificadas em detalhes pela modelagem matemática e o raciocínio hipotético pode se tornar um instrumento essencial para indicar as implicações” (p. 160).

<sup>171</sup> <http://bwsimulator.niddk.nih.gov/>

- a) Interação dos *sujeitos* com os *instrumentos* de  $AM_3$ , mediante técnicas de leitura e manipulação do *software*;
- b) interações tecnomediadas pelo *software*, geradas por simulações;
- c) interações entre os *sujeitos* gerando novas conjecturas sobre o *objeto*  $CP_2$ , o modificando.

Com base em tais interações, foram possibilitadas as seguintes *ações* subordinadas ao sentido de transformação de  $CP_2$  em  $CP_3$ :

- a) análise crítica das limitações do modelo tecnológico e ao mesmo tempo edo-embasado *bwsimulator* e idealizações no sentido de melhorar tal modelo, construindo outro modelo tecnológico e, ao mesmo tempo, fuzzy-embasado;
- b) necessidade de entendimento do que está dentro da *caixa-preta* *bwsimulator*.

No que tange à análise crítica do modelo *bwsimulator*, ressaltamos a categorização de energia de entrada mediante o somatório de calorias a serem ingeridas pela pessoa por dia e os exercícios físicos que são definidos sem levar em conta a modalidade e o tempo de atividade. Com base em tal análise, idealizamos um modelo que categorizasse a energia de entrada com base em alimentos a serem ingeridos e suas respectivas calorias e que os exercícios físicos fossem assinalados mediante modalidade e tempo diário. Para tal, mediante interações entre os *sujeitos* da *atividade*, trouxemos para a *cena* alguns discursos, entre eles o discurso do Cálculo, o discurso da Nutrição, o discurso da Educação Física e o discurso da Teoria Fuzzy. A inserção das “vozes” da professora de Nutrição da UFOP via *Facebook* e das várias áreas e conhecimentos científicos foram demandadas para a execução das *ações* estratégicas com vistas à abertura da *caixa-preta* do “peso corporal ideal”.

Tínhamos, assim, uma nova configuração, uma nova estrutura de *atividade*, possibilitada pela e na multivocalidade discursiva que nela ecoava, sob o aspecto de um Plano de “Ações” Internas (PAI) da própria *atividade*. Tal plano será discutido com maiores riquezas de detalhes mais adiante no presente texto.

Finalmente, orientados pela abertura da *caixa-preta* *bwsimulator*, acessamos o artigo disponibilizado em <http://bwsimulator.niddk.nih.gov/> intitulado *Dynamic mathematical model of body weight change in adults*. Estaria, então, constituído o conjunto  $AM_4$ , como união dos *instrumentos* que permeavam a *atividade* anterior a esse momento, adicionando ao

conjunto  $AM_3$  esse novo *instrumento*. Sendo assim, a *caixa-cinza* 4, resultante de um quarto nível da transformação qualitativa do *objeto* da *atividade* –  $CP_4$  –, pôde ser visualizada, tomando-se por base as seguintes características: resultado do conhecimento produzido pelo acesso e interação com as informações contidas em  $AM_4$  sobre  $CP_3$ . As *ações* que foram realizadas nesse sentido aconteceram, na maioria das vezes, nos sétimo e oitavo encontros do GEPMM e em outros momentos que serão expostos mais adiante nesta tese.

Nessa parte da análise da *atividade* em questão, podemos tomar os conteúdos do Cálculo em ação: *instrumentos* indispensáveis para a realização das *ações* de abertura da  $CP_3$  e, conseqüentemente, geração da  $CP_4$ . Com isso, consideramos tais *instrumentos* necessários para a realização de *ações* e *interações* em  $CP_3$  com vistas às transformações qualitativas no *objeto* da *atividade*, traçando um movimento, uma trajetória. Uma observação que se faz necessária é que um *instrumento* em si não produz alterações na trajetória de uma *atividade*, mas somente ao considerarmos o *instrumento em ação* é que podemos perceber o movimento possibilitado por ele. Nesse sentido, as *atividades* de Modelagem Matemática se tornam *instrumentos* para possibilitar abertura de *caixas-pretas* devido à consideração primária, que consiste em tomar a *matemática em ação* em tais *atividades* – matemática como um *instrumento* para o entendimento/resolução de questões-problema não matemáticas.

Dessa forma, uma pergunta essencial deve ser feita e conseqüentemente respondida nesta parte da análise: quais os limites e as possibilidades de *ações* foram estabelecidos nas e pelas interações mediadas por tal *instrumento* – o Cálculo em ação?

Sendo assim, buscaremos respostas para tal questão considerando o Cálculo em ação sob dois olhares: como *instrumento* que possibilita a abertura de *caixas-pretas* e como *instrumento* que limita ou dificulta a abertura de *caixas-pretas*. Mas, como poderia um mesmo *instrumento* possibilitar e limitar aberturas de *caixas-pretas*? Aqui está a demonstração de que é preciso ir além de analisar o papel de um *instrumento* em uma *atividade* e ampliar o espectro de análise para as *interações* mediadas por tais *instrumentos*. Cabe ressaltar que, quando fazemos isso, estamos assumindo um foco de análise que busca respostas para os seguintes questionamentos: quem, quando, por que e como usou o *instrumento* na *atividade*?

Focando a *atividade* de modelagem analisada nesta parte da tese, seria interessante responder os seguintes questionamentos no que se refere mais especificamente aos *instrumentos* de cálculo em ação utilizados pelos *sujeitos* da *atividade* nas *ações* que tangem o entendimento/apropriação dos também *instrumentos* da *atividade*: *bwsimulator* e o

artigo intitulado *Dynamic mathematical model of body weight change in adults*. Valem ressaltar que *bwsimulator* e o artigo podem ser considerados *caixas-pretas* a serem abertas, modificadas e ou fechadas na *atividade* de modelagem analisada nesta parte da tese, que, dessa forma, se configura como uma *atividade* de produção de conhecimentos e saberes.

As Tecnologias da Comunicação e Informação (TICs) possibilitaram o acesso à ciência mediante acesso ao *simulador* e, conseqüentemente, ao artigo (texto científico) que expõe um modelo matemático para representar as mudanças de peso corporal em adultos. Contudo, tal acesso se restringe a uma ciência visualmente pronta e acabada e não a uma ciência em construção. Para entendermos esses *instrumentos*, seria então, necessário tomá-los como produtos da construção humana, orientada por finalidades e demandas específicas da própria sociedade; não os considerando, assim, como produtos prontos, mas, sobretudo, como produtos em contínua construção e reconstrução.

Se por um lado o acesso à ciência pronta foi possibilitado mediante a *caixa-preta* do simulador disponível a todos por meio do *site* <http://bwsimulator.niddk.nih.gov/> (antes teríamos apenas um artigo repleto de matemática e parâmetros, bem distante da realidade dos usuários, dos seres da sociedade, pacientes, educadores físicos, nutricionistas; após o advento da cibernética, essa ciência está acessível) pode ser considerado uma maravilha, por outro lado o acesso à ciência em construção se tornou mais limitado.

Nesse sentido, configurado diante de nós estaria uma *caixa-preta* (artigo científico) dentro da outra (*bwsimulator*) – sobrepostas e inter-relacionadas. Sendo assim, podemos perceber que, enquanto mais prospera a ciência e a tecnologia, mais opaca e obscura elas podem se tornar. A dificuldade em se abrir as *caixas-pretas* pode produzir “horrores” no que se refere ao entendimento da ciência em construção, pois “quanto mais complexo o processo de identificar conseqüências de possíveis ações tecnológicas ocorrerem, mais temos que confiar no aparato da razão e mais circular é o processo” (SKOVSMOSE, 2007, p. 162). Dessa forma, podemos considerar que aumentou o acesso à ciência e, ao mesmo tempo, limitou a abertura de *caixas-pretas* e, conseqüentemente, a tomada de consciência crítica e controle da própria *atividade* por parte dos *sujeitos*.

No que se refere à abertura da *caixa-preta* do artigo (texto científico) intitulado *Dynamic mathematical model of body weight change in adults*, deparamo-nos com outras *caixas-pretas*, que traziam ‘à cena’ *enunciados*<sup>172</sup> oriundos do discurso da fisiologia humana,

---

<sup>172</sup> Para Bakhtin, o enunciado é o produto de uma enunciação ou de um contexto histórico, social, cultural etc. É preciso observar que as relações do discurso com a enunciação, com o contexto sócio-histórico ou com o “outro” são, para Bakhtin, relações entre discursos-enunciados. Por essa razão, utiliza os termos *intertextualidade* para se

do discurso do Cálculo em *ação* e do discurso científico. Sendo assim, o texto é, de fato, um tecido de muitas vozes ou de muitos discursos, “que se entrecruzam, se completam, respondem umas às outras ou polemizam entre si no *interior* do texto” (BARROS, 2007, p. 31, grifo do autor). Ainda para Bakhtin, o sentido do texto e dos seus discursos internos depende da relação entre os sujeitos, que se constrói na produção e na interpretação dos textos.

Com isso, podemos considerar o cálculo em *ação* em duas “frentes” analíticas no que se refere à abertura da *caixa-preta* amparada pelo/no artigo científico referido anteriormente, de autoria de Kevin Hall e seus colaboradores, mais especificamente ao apêndice do artigo, que suporta os modelos matemáticos que representam o fenômeno das mudanças de peso corporal em adultos humanos. De um lado, estaria configurado um cálculo em *ação* como *instrumento* – linguagem usada na *produção* do texto, cujos *sujeitos* da *ação* coincidem com os *sujeitos* autores do texto. De outro lado, estaria configurado um cálculo em *ação* como *instrumento* indispensável à abertura da *caixa-preta* do próprio texto, cujos *sujeitos* da *ação* são os integrantes do GEPMM e as realizam com vistas à *interpretação* do próprio texto. Para interpretar o texto, foi, então, necessário avaliar a sua produção.

Isso posto, o cálculo em *ação* foi necessariamente “colocado em cena” a fim de avaliar como o *Cálculo em ação* operava “por trás da cena”. Nesse sentido, o *aparato da razão* (Cálculo em *ação*) foi utilizado por nós, integrantes do GEPMM, como um *instrumento* de avaliação e crítica do *aparato da razão*, impresso sob a forma de linguagem escrita no artigo referido anteriormente. Skovsmose (2007, p. 162, grifos meus) pontua que “o *aparato da razão* torna-se essencial para construir os *instrumentos* de avaliação das consequências das *ações* sociotecnológicas criadas pelo próprio *aparato da razão*”.

As avaliações e críticas tecidas por nós, integrantes do GEPMM, ao conteúdo do artigo (texto), assim como ao *software bwsimulator*, caracterizavam-se, na maioria das vezes, pelas sugestões feitas por Skovsmose (2007): quem construiu os modelos? Que aspectos da realidade estão neles incluídos? Quem tem acesso aos modelos? Os modelos são “confiáveis”? Quem está apto a controlá-los? Levando em conta que, se tais questões não forem adequadamente esclarecidas, valores tradicionais da democracia podem ser corroídos.

Na tentativa de responder a tais questionamentos, podemos pontuar os seguintes esclarecimentos<sup>173</sup>:

---

referir aos “diálogos entre discursos” e *dialogismo* para se referir aos “diálogos entre interlocutores”. (BARROS, 2007).

<sup>173</sup> Serão mais bem explicitados mais adiante neste texto.

- a) os modelos matemáticos (edos), suportados pelo referido artigo e o modelo tecnológico *bwsimulator*, foram construídos pela equipe do pesquisador Kevin D. Hall;
- b) por um lado, acreditamos que o modelo *bwsimulator* está disponível e acessível a todos (via *internet*), sob o ponto de vista de uso e possibilidades de simulações; por outro lado, nos modelos matemáticos (edos), mesmo estando disponíveis a todos, há uma possível restrição em termos da acessibilidade, já que nem todos tem acesso à linguagem matemática em uso, em *ação* (edo);
- c) acreditamos que mais pessoas estariam aptas a controlar o *bwsimulator* do que controlar as edos; contudo, o código do *software bwsimulator* não é disponível a todos, somente a grupos de pesquisa, enquanto as edos são disponíveis a todos via *internet*;
- d) quanto à confiabilidade nos modelos, acreditamos que o Cálculo em *ação* utilizado no empreendimento de construção dos modelos (edos e *bwsimulator*) limita ou dificulta avaliações e consequentes críticas a tais modelos, tornando difícil a tarefa de confiar ou não neles. Como o código-fonte do *software bwsimulator* ainda não é disponível a todos (apenas a grupos de pesquisa), sob o ponto de vista da democracia e do compartilhamento de saberes, percebemos uma iminente corrosão;
- e) os aspectos da realidade que estão inclusos nos modelos matemáticos (edos) e no modelo tecnológico (*bwsimulator*) não são os mesmos, apesar de o modelo *bwsimulator* estar baseado nas edos que estão configuradas no artigo (texto). Contudo, nem todas edos foram usadas e, mais do que isso, foi necessário assumir “menos” aspectos da realidade nas edos do que no *bwsimulator*;

Sendo assim, a abertura de  $CP_4$  somente pôde ocorrer mediante o imprescindível auxílio do cálculo em *ação*, que inclui as *EDOs em ação*. Por um lado, sob o uso dos *sujeitos* responsáveis pela construção dos modelos anteriormente citados, os pesquisadores liderados por Kevin Hall, o cálculo em *ação* parece ser *instrumento* que pode limitar ou dificultar a abertura da *caixa-preta*  $CP_4$ , mas, por outro lado, sob o uso dos *sujeitos* do GEPMM, parece ser um *instrumento* que pode ampliar as possibilidades de tal abertura.

No entanto, farei uma análise das interações que se fizeram necessárias, entre as quais, a finalidade estava orientada pela abertura de  $CP_4$ . Conforme exposto anteriormente,

até o final do oitavo encontro, a certeza que tínhamos é de que ainda havia uma interrogação quanto ao entendimento de uma equação no referido artigo: de onde o(s) autor(es) “tirou(raram)” a equação (10)? Pensávamos que a tarefa de entendimento do processo de construção da referida equação era de simples entendimento, mas estávamos enganados.

Técnicas de leitura, habilidades matemáticas (edo), conhecimentos de Nutrição e Fisiologia foram chamados “à cena” para possibilitar a abertura de  $CP_4$ , mas ainda foi pouco. Permanecia uma dificuldade, uma limitação do processo, um *gap*, algo estava “escondido”, não conseguíamos enxergar sozinhos. Ao chegar em casa, depois do oitavo encontro, tentei de todas as formas que me eram possíveis decifrar o que estava “escondido” no referido texto entre as equações (9) e (10), mas meus esforços foram em vão. Nisso, tornou-se necessário o estabelecimento de novas parcerias, ampliação da rede de aprendizagem, mediante o chamado para compor a “cena” aos autores do referido texto e do *bwsimulator*.

Tomei a atitude<sup>174</sup> de enviar um e-mail para Kevin Hall, pedindo maiores esclarecimentos quanto à equação (10). No mesmo dia, obtive uma resposta do autor, também por *e-mail*, enfatizando que a equação teria surgido da referência [20] contida no artigo e me enviou o artigo em pdf. Li o artigo todo, percebi que a equação (13) do artigo [20], enviado por Kevin Hall era parecida com a equação (10), mas que havia sutis diferenças que me direcionavam ao não entendimento dos “porquês”, do que estaria por trás daquele amontoado de equações e afirmativas. Decidi, então, enviar um novo *e-mail* para Kevin questionando-o sobre o quê, pra mim, ainda estava “escondido” no texto, limitando o entendimento. Kevin enviou-me um manuscrito com um processo de derivação e me disse que ao ler aquele manuscrito tudo estaria explicado. Imediatamente iniciei a leitura, e, depois de ter lido, percebi que não estava tudo explicado, na verdade as dúvidas haviam se intensificado.

Para obter a equação (10), Kevin Hall e seus colaboradores *supuseram* que a função de Forbes dada por  $\alpha \equiv \frac{dL}{dF} = \frac{C}{F}$ , em que  $C = 10,4 \text{ kg}$  é o parâmetro de Forbes, era constante. Vale ressaltar que  $F$  é a massa gorda (*fat mass*) e  $L$  é a massa magra (*lean mass*). Se  $\alpha$  é constante, isso implica que  $dL = \alpha dF$  e, conseqüentemente,  $L - L_0 = \alpha (F - F_0)$ . Tudo isso, foi usado para obter a equação (10). Só que ao tomar  $\alpha$  constante, um valor inicial de massa gorda  $F_0$  precisamente foi fixado  $\alpha = \frac{C}{F_0}$ . Nisso,  $L - L_0 = \frac{C}{F_0} (F - F_0)$ , o que implica  $L = \frac{C}{F_0} (F - F_0) + L_0$ . Contudo, logo em seguida à equação (10) no texto, os autores afirmam que “para modestas mudanças de peso,  $\alpha$  pode ser considerado aproximadamente

---

<sup>174</sup> Atitude gerada pela necessidade apontada: entender a equação (10).

constante com  $F$  fixado em seu valor inicial  $F_0$ <sup>175</sup>. Isso já tinha sido levado em conta para obter a equação (10).

Temos aqui um problema: como  $\alpha(t) = \frac{c}{F(t)}$  já foi tomada como constante na equação (10), a função  $F(t)$  precisou necessariamente ser assumida como constante. Isso acaba por extinguir, a meu ver, a utilidade do modelo. Ora, se o objetivo é estimar mudanças no peso corporal com o tempo, tomado como sendo a soma aritmética das massas gorda e magra, que se relacionam mediante a função  $\alpha$ , que, por sua vez, depende do tempo, ao tomar a função  $\alpha$  como constante, implica não haver qualquer mudança na massa gorda –  $F(t)$  e, conseqüentemente, na massa magra –  $L(t)$ , que também precisa, necessariamente, ser assumida como constante. Sendo assim, sem variações de massas gorda e magra o peso permanece o mesmo, sem alterações.

Com base nisso, questionei ao Kevin Hall, novamente via *e-mail*, sobre tal hipótese ter sido considerada no artigo. Ele respondeu que isso não atrapalha em nada os resultados, pois o modelo implementado no *bwsimulator* não assume  $\alpha$  constante (apesar de a EDO (10) assumir). E aponta, ainda, que tal “linearização” foi feita principalmente para escrever a EDO de primeira ordem (10) de maneira linear; a intenção do grupo dele não foi “derivar” nem implementar no *bwsimulator* tal EDO, mas que tal modelo “correspondia” a uma EDO de ordem superior não linear obtida pelo grupo dele no passado.

Naquele momento, o artigo estava mais claro, as equações faziam mais sentido e todos esses entendimentos precisavam ser compartilhados com os demais *sujeitos* do grupo. Uma importante observação que se faz necessária é a de que sem *internet*, sem *e-mail*, os autores do texto dificilmente poderiam atuar em nossa *atividade* da maneira que atuaram. É fato que, ao acessarmos o texto (artigo) e acessarmos o *bwsimulator*, já havíamos feito o uso da *internet* como *instrumento* que permeou a *atividade*, fazendo com que seus autores atuassem em nossa *atividade* por meio das diversas *vozes* impressas sob a forma de linguagem escrita (que inclui a linguagem matemática) e sob a forma da linguagem tecnológica impressa no *software*, mas de uma forma qualitativamente diferente.

O *instrumento e-mail* de nada teria auxiliado em nossa *atividade* se o autor Kevin Hall não tivesse aceitado participar, na situação de ator social, de toda a interação. O modelo de sociedade em rede permite, possibilita o compartilhamento de conhecimentos e saberes. Mas isso não garante, necessariamente, que tal compartilhamento ocorra. Possuir, acessar um

---

<sup>175</sup> Tradução realizada por mim de: “For modest weight changes,  $\alpha$  can be considered to be approximately constant with  $F$  fixed at its initial value  $F_0$ .” (HALL, *et al.*, 2011, p. 4).

*instrumento* de comunicação, como o *e-mail*, portanto, não assegura papel algum em uma *atividade*. Apenas abre um leque de possibilidades de *ação* e interação entre seres humanos. Podendo se tornar um artefato mediador de relações entre *sujeitos* e *objetos* de uma *atividade*.

Outro ponto-chave considerado na presente análise toma por base uma informação fornecida por *e-mail* enviado a mim por Kevin Hall, que consiste na seguinte afirmação: o modelo implementado no *bwsimulator* não assume  $\alpha$  constante. No momento que li essa afirmação no *e-mail*, imediatamente me perguntei: “será mesmo que no *software* isso não é assumido?” Ou seja, ao processar uma informação, fazemos julgamentos quanto a sua veracidade. Em seguida, pensei que, de fato, eles não devem ter usado, pois caso contrário, as simulações não se tornariam possíveis. De toda forma, desejava confirmar isso, pois, caso contrário, teríamos que “confiar” no que estava por trás do *software* e isso, definitivamente, não era nosso objetivo. Mas, como poderíamos ter acesso ao que está atrás da “cena” promovida pelo *software*? As simulações possibilitadas por tal *instrumento* estariam simulando quais realidades?

Novamente, enviei um *e-mail* para Kevin Hall perguntando sobre o *software*, em termos de acesso aos códigos internos, à programação, aos recursos que estariam por trás da interface homem-máquina estabelecidas no *bwsimulator*. Ele me encaminhou ao setor de *transferência de tecnologia* para que eu pudesse obter mais detalhes sobre o acesso aos códigos. O acesso aos códigos somente nos foi dado mediante assinatura de termo de compromisso, assumindo-os para fins de ensino e pesquisa e, sobretudo, mediante assinatura da instituição a qual sou vinculada – CEFET-MG. Sendo assim, somente pesquisadores podem ter acesso aos códigos. Não se trata de um *software* livre, nem de código aberto. Nesse sentido, trago uma reflexão de Castells (2005) sobre o direito de propriedade e a democracia da comunicação, como segue:

Aderindo à democracia da comunicação concorda-se com a democracia directa, algo que nenhum estado aceitou ao longo da história. Admitir o debate para redefinir os direitos de propriedade acerta em cheio no coração da legitimidade capitalista. *Aceitar que os utilizadores são produtores de tecnologia desafia o poder do especialista*. Então, uma política inovadora, mas pragmática, terá de encontrar o meio caminho entre o que é social e politicamente exequível, em cada contexto, e a promoção das condições culturais e organizacionais para a criatividade na qual a inovação, o poder, a riqueza e a cultura se alicerçam, na sociedade em rede (CASTELLS, 2005, p. 29, grifo meu).

Nesse sentido, parece que há uma iminente corrosão do que poderia ser um processo democrático de comunicação. No que se refere aos conhecimentos impressos no artigo, não parece ter problema algum o estabelecimento de uma comunicação aparentemente

democrática, mas quando a propriedade intelectual dos desenvolvedores do *software* estava sendo posta em risco, aí a comunicação democrática se tornou fluida, corroída.

As intenções do grupo liderado por Kevin Hall são claras: a difusão do conhecimento tecnológico somente se dá em nível de utilização (operação) em vez de produção (desenvolvimento). Os resultados das pesquisas realizadas por eles estão disponíveis a todos, por meio da *internet*, sob a forma do *bwsimulator*. O que serviria de base para os códigos também está disponível sob a forma do artigo (texto). Porém, a disponibilização do artigo e o que o ampara não parece ser considerada transferência de tecnologia, ao contrário do que ampara o *software*. Nisso, acordos internacionais que visam a (re)definição dos direitos de propriedade intelectual, tornam-se “fundamentais para a preservação da inovação e para a dinamização da criatividade das quais depende o progresso humano, antes e agora” (CASTELLS, 2005, p. 28).

Skovsmose (2007, p. 186) denomina por *construtores* certo grupo de pessoas que está desenvolvendo e mantendo um *aparato da razão*. Para o autor, tudo que é ensinado na educação superior deveria enfrentar o paradoxo da razão para que os estudantes conheçam a ambivalência incluída no *aparato da razão*. O autor afirma que “a matemática pode ser disponível em pacotes, que exigem capacidade para serem usados, embora os detalhes sobre como o pacote funciona podem não ser entendidos pelas pessoas que operam com eles.” (SKOVSMOSE, 2007, p. 187). Tais pacotes poderiam, e muitas vezes trazem, a Matemática fora da superfície da situação, uma Matemática implícita, “escondida”. Em tais situações, o grupo de pessoas que opera tais pacotes é denominado por *operadores*, que estão também operando com *matemática em ação*.

Nesse sentido, podemos perceber um nítido alinhamento entre a estratégia de abertura de *caixas-pretas* como um objetivo geral para a educação matemática superior, que toma como *objeto* a formação de *construtores* em vez de meros *operadores*. Mais especificamente, é preciso promover um espaço formativo em que não se possa admitir a formação em Engenharia de *operadores*, pois, caso isso permaneça, o desenvolvimento e a manutenção dos *aparatos da razão* continuarão nas mãos de poucos, frequentemente cidadãos de países ricos e poderosos, que, na situação de detentores do conhecimento e da tecnologia, tendem a colaborar com uma nova forma de colonização.

Com isso, pretende-se instaurar um espaço crítico-formativo, que, num primeiro momento, pode até parecer ilusão ou utopia, devido à dificuldade de entendimento de tantas *caixas-pretas* amontoadas sobre e entre si mesmas. Contudo, ao se considerar as incertezas proporcionadas pelos “desgovernados” *aparatos da razão*, que proveem recursos para mais

desenvolvimento tecnológico, torna-se necessário promover experiências formativas no sentido de fomentar a elaboração de inovadores *instrumentos* de crítica, descoberta e reprodução prática, amparados pelos subsídios fornecidos pelos *aparatos da razão* “anteriores”.

Dessa forma, o *objeto* da *atividade* aqui analisada, como constituinte de um espaço formativo mais amplo - que se destina à formação dos profissionais da Engenharia-, transforma-se, gradativamente, na medida em que as *ações* orientadas pelas e nas transformações qualitativas da *caixa-preta* do “peso corporal ideal”, que configurou como questão-problema, escolhida pelos *sujeitos* engajados no GEPMM, a ser entendida/solucionada – “clareada” –, ou seja, qualitativamente, modificada e/ou transformada e, portanto, expandida.

#### **5.4 Quarta modalidade – *Multivocalidade* e *agency* evidenciadas pelas interações tecnomediadas em *atividades* de Modelagem Matemática: idealizações desencadeadoras de aprendizagens potencialmente expansivas em um contexto de formação em Engenharias**

A matemática constitui, sem dúvida, tão-somente um momento da processão. Por si mesma, ela ainda não diz o que possibilita a captura da forma na concretude do existente. A essência não é o último fundamento. Mas, se a matematização não é a palavra final do ser, nem a última palavra sobre o ser, ela nos abre em todo caso uma região de transparência com a qual o espírito humano está como que naturalmente harmonizado (LADRIÈRE, 1978, p. 165).

Configurando-se como uma das bases que constituem a Teoria da Atividade, de Engeström (1987), as ideias do teórico Mikhail Bakhtin, tendo desenvolvido suas investigações na área de filosofia da linguagem, cujas origens podem ser encontradas no marxismo, fornecem a nós os subsídios conceituais para dar conta de analisar as interações que podem ser constituidoras de idealizações de aprendizagem em movimento de aprendizagem expansiva.

O conceito de *multivocalidade*, também atribuído a Bakhtin, aplicado na presente pesquisa como base analítica para aprendizagens expansivas, configura-se como múltiplas vozes, podendo ser caracterizadas como contraditórias e complementares, dos vários grupos e estratos que constituem as interações no sistema de *atividade* em análise, que inclui as vozes e gêneros não acadêmicos de pessoas comuns, constituindo argumentações que englobam diferentes tipos de discurso e linguagem (BARROS, 2007).

As interações podem ser caracterizadas por *ações* realizadas entre os *sujeitos* e o *objeto* da *atividade* formativa de Modelagem Matemática aqui analisada, por meio dos artefatos mediadores que incluem as ferramentas e os signos culturais. Segundo Bakhtin (2010), o agir humano só se realiza mediante a interação, e o dizer não pode ser considerado independente do agir. As interações verbais, para Bakhtin (2010), constituem as mais variadas formas de enunciação, impregnadas pelas ideologias que permeiam os fenômenos sociais, dando base a situações concretas que possibilitam os atos de fala. As interações verbais não se restringem aos diálogos, que constituem, claramente, uma das formas mais importantes de interação verbal, contudo, pode-se compreender a palavra “diálogo” num sentido mais amplo, isto é, não apenas como a comunicação em voz alta de pessoas face a face, mas toda comunicação verbal de qualquer tipo que seja, como, por exemplo, um ato de fala impresso em um livro ou em uma mensagem escrita em um *e-mail*.

A tecnomediação é entendida, neste texto, como sendo as interações mediadas por artefatos tecnológicos, que incluem as mais variadas ferramentas ou suportes tecnológicos, tais como a própria Matemática e os recursos cibernéticos, além de englobar diversos suportes de mediação, tais como a linguagem transmitida sob a forma oral, escrita e por gestos. A linguagem é considerada por Bakhtin (2010) como um fato sócio ideológico e configura como formas discursivas que veiculam, por meio dos atos de fala, as mais diferenciadas ideologias estampadas nos mais diversos tipos significantes de enunciação, de natureza social, configurada como o produto do ato de fala.

Com base nesses pressupostos, pretendo, agora, esboçar uma análise das interações perceptivelmente constituintes e/ou constituidoras das *atividades* do GEPMM. Para tal, busco no *corpus* empírico de dados construídos durante a investigação – elaboração e implementação do GEPMM, os atos de fala que explicitem a *multivocalidade* e a *agency* evidenciadas nas/pelas interações dos *sujeitos* partícipes.

Na entrevista final, quando questionada o que teria aprendido com a participação no GEPMM, a professora Clarice pontuou: “*a matemática tá em todo lugar!*”, afirmou que ao estar mais acostumada com uma Matemática mais teórica e não ter costume com uma *matemática em ação*, sua participação no GEPMM trouxe enriquecimento com relação a isso. E confirmou: “*pensar o problema matematicamente eu não tinha pensado. Pensei agora, pensei no grupo*”. Nesse sentido, podemos aferir que as interações tecnomediadas ocorridas no GEPMM possibilitaram uma ampliação no repertório da docente Clarice no que diz respeito às idealizações/visualizações de uma *matemática em ação*.

O docente Angel também demonstrou transformações em suas ideias mediante as interações possibilitadas na e pela *atividade* de modelagem desenvolvida pelo GEPMM. Na entrevista final, ele pontuou que não esperava ter visto uma Matemática tão complexa em um problema da área de saúde, ou seja, uma *matemática em ação* na área de saúde, agindo de forma não superficial. Nas palavras dele:

*Eu tive essa visão mais ampliada da matemática [...] eu imaginava uma matemática mais básica, né, mais elementar, porque a gente pensa, ah, o pessoal da saúde não deve ser tão, assim, aprofundado nas matemáticas pra poder chegar em resultados tão bacanas [...] tinha equações diferenciais, tinha várias técnicas matemáticas interessantíssimas, aplicadas com um fim lá comum.*

Com isso, podemos perceber que o docente Angel também parece ter tido uma ampliação no repertório no que diz respeito às idealizações que a *matemática em ação* pode possibilitar. Afirmou, ainda, nunca ter tido a oportunidade de ver equações diferenciais em outros contextos, nas palavras dele: “*a gente fica naquele ‘mundinho’ ali [...] e transita por ali, então nunca tive curiosidade de procurar alguma matemática mais avançada em outras áreas, entendeu?*”.

Para a aluna Taty, ter participado do GEPMM foi enriquecedor pelas possibilidades de discussão em grupo. Extraídas das transcrições da gravação da entrevista final, as palavras de Taty nos dizem: “*A discussão em grupo foi muito produtiva [...] e também né, essa questão da articulação, né, acho que a gente tem que aprender a trabalhar porque quando você tem pessoas pra trabalhar junto com você em uma coisa, as coisas saem melhores.*”

A aluna pontuou ainda que, ao participar do grupo, pôde reafirmar, sob sua concepção, a importância da *atividade* de pesquisa. Ainda que a participação da aluna possa ser considerada incipiente. Para ela, as pessoas “*podem descobrir coisas que ninguém descobriu antes*”; acredita que nisso consiste “*o grande diferencial*”, porque as pessoas ficam repetindo muito, reproduzindo muito e acabam não percebendo que as inovações surgem, muitas vezes, de resultados de pesquisa. Durante toda a construção dos dados para a pesquisa relatada nesta tese, percebi que a aluna Taty realmente objetiva ter uma boa formação para conseguir ter o diferencial no mercado de trabalho. Esse foi, na minha visão, o principal *motivo* do engajamento no GEPMM: fazer a diferença no mercado de trabalho. A aluna delimita ainda como um horizonte de “ações” para materializar tal objetivação, um Plano de Ações Internas - PAI (KAPTELININ, 1996) de sua própria *atividade* formativa em Engenharia, aprendizagens de Cálculo e outros *instrumentos* matemáticos que estejam além

dos preconizados nos planos e nas ementas das disciplinas de Cálculo. Nas palavras de Taty, extraídas das transcrições do primeiro encontro do GEPMM:

*As melhores áreas da Computação, as que **dão mais dinheiro** cê tem que ser bom de matemática! Então eu acho um desperdício a gente ter 500 professores de Matemática aqui e ficar na sala de aula vendo nada? Adoro, gosto muito, acho muito legal, mas só isso? Entendeu? Você pode **sair daqui muito mais potente!***

Com essa fala, podemos analisar que, apesar de o *objeto* das *atividades* desenvolvidas pelo/no GEPMM estar orientado pelas questões-problema não matemáticas e pelos estudantes em formação, os *motivos* que direcionam o engajamento nas *atividades* são atribuídos a um sentido pessoal que norteia as *ações* dos *sujeitos*, inclusive orienta as decisões de engajamento ou não em *atividades*. Por que a aluna se engajou nas *atividades* do GEPMM? Porque deseja ter um bom salário, ganhar mais dinheiro. Nesse caso, um bom emprego e/ou muito dinheiro seriam os *motivos* evidenciados pela aluna em seus atos de fala. Tal *objetivo* está relacionado a uma necessidade social: ser bem-sucedido. Para tal, ela esboça um Plano de *Ações* Internas (PAI) (KAPTELININ, 1996) para sua própria *atividade* formativa. Encontra a possibilidade de participar do GEPMM. Percebe que as finalidades são alinhadas. Engaja-se nas *atividades* do grupo. Quando não consegue realizar as *atividades* ou *ações* relacionadas aos *objetivos* de ser aprovada nas disciplinas regulares e também terminar o projeto de iniciação científica, a aluna reconceitualiza o PAI, anulando ou tornando-as minimizadas em prol de um realinhamento dos *objetivos* orientados nos/pelos sistemas de *atividade* de formação em engenharia, ao *motivo*. Uma voz do sistema capitalista de produção estaria, dessa forma, ecoando na *atividade*: a voz do mercado de trabalho. É possível notar que tal voz pode ser ouvida nos mais diversos modos de *atividade* contemporâneos, pois representa uma ideologia enunciada pelos *sujeitos* sociais. Bakhtin (2010, p. 125, grifo do autor) pontua que “o *centro* organizador de toda enunciação, de toda expressão, não é interior, mas exterior: está situado no meio social que envolve o indivíduo”.

Baseado nisso, podemos enfatizar que uma ideologia que envolve a maioria dos *sujeitos* de nossa sociedade, que consiste na relação de desejo/necessidade em ser bem-sucedido, ter um bom emprego e/ou ganhar um bom salário. Nesse sentido, Charlot (2013, p. 181) pontua “ao passo que se fala em sociedade do saber, o saber está perdendo o seu valor de uso, para virar só valor de troca”. Esse fato pode encontrar suas origens na própria sociedade globalizada atual, que, por natureza, incita a concorrência permanente, promulgando um individualismo cada vez mais perceptível nas relações sociais. Nisso, residiria uma

contradição fundamental, primária, constituinte dos mais variados *tipos e modos* históricos de *atividades*. Ter poder, ser potente, ter um bom emprego e ser bem-sucedido são desejos baseados em ideologias da própria sociedade capitalista. Essa lógica da concorrência, portanto, pode ser parte das ideologias que ecoam nas vozes dos alunos em formação em Engenharia e pode ser considerado “um sintoma de ferida antropológica” (CHARLOT, 2013, p. 182). Ferida, dor e sofrimento podem ser originados por essa ideologia. Quando um aluno não consegue colocar em prática o PAI de sua própria *atividade* de formação ou ainda quando o PAI não é eficiente na realidade, ele sofre. Uma ferida é aberta, podendo provocar muita dor. Reprovações e ou qualquer outro tipo de resultado que seja “desalinhado” ao *objetivo* delimitado pela ideologia da concorrência pode acabar trazendo um desconforto para os *sujeitos* que participam das *atividades* formativas, não somente para os alunos.

Nisso, a *atividade* de formação em Engenharia pode ser analisada como um trabalho alienado, tanto para os alunos quanto para os professores. Mas, por um lado, como pensar em uma *atividade* de formação profissionalizante sem pensar em saber e conhecimento como *objetivos* principais? Por outro lado, como garantir uma formação consistente alinhando-se os *objetivos* restritamente de forma a garantir um bom salário? As instituições destinadas à formação em Engenharia estão configuradas socialmente apenas como um caminho, uma trajetória, uma rede orientada pelo emprego (ou por um bom emprego)? Como minimizar essa contradição primária emergente dos sistemas de *atividade* de formação em Engenharia? Seria possível? Não pretendo e nem tenho condições para tentar responder a esses questionamentos, mas percebo que o quadro teórico utilizado no desenvolvimento da pesquisa aqui relatada – Teoria da Atividade – pode nos ajudar a seguir adiante em pesquisas futuras que objetivem focar em tais questões. Vale ressaltar que “o trabalho do professor não é o de resolver as contradições, mas de esclarecê-las e evidenciar as várias formas de legitimidade que podem existir em cada uma” (CHARLOT, 2013, p. 175).

A formação de uma rede coletiva de aprendizagens, mediante as mais variadas possibilidades de interações tecnomediadas, foi estabelecida com a constituição do GEPMM – uma parceria. Vale ressaltar que a multivocalidade esteve presente nos encontros do GEPMM, devendo ser analisada como suporte para idealizações de futuras realizações e empreendimentos inovadores, tornando a abertura, reafirmação e/ou modificação das *caixas-pretas* (modelos matemáticos e computacionais) como *ações* estrategicamente necessárias para a formação de agentes do desenvolvimento científico, tecnológico, cultural e socioeconômico, demandados pela/na formação dos Engenheiros na atualidade.

Castells (2005) pontua a existência de uma contradição crescente entre autonomia e capacidade de inovação, necessárias para o trabalho em empresas em rede. Para o autor, tal contradição somente pode ser minimizada mediante a “educação baseada no modelo de aprender a aprender, ao longo da vida, e preparada para estimular a criatividade e a inovação de forma a – e com o objectivo de – aplicar esta capacidade de aprendizagem a todos os domínios da vida social e profissional” (CASTELLS, 2005, p. 28). Sendo assim, o autor assume a criatividade e a inovação como fatores-chave da criação de valor e da mudança social na sociedade em rede. Contudo, o autor sinaliza para a necessidade de redefinição dos direitos de propriedade intelectual, cujo início se deu com a já enraizada prática do *software* de fonte aberta como constituintes de uma comunicação sem obstáculos, fundamentais para a difusão de um desenvolvimento tecnológico que responda às necessidades humanas de todo o planeta. Dessa forma, a reforma do capitalismo perpassa a questão do direito à propriedade intelectual, fator decisivo para a constituição de uma democracia global.

Vale ressaltar que “a introdução da tecnologia só por si não assegura nem a produtividade, nem a inovação, nem melhor desenvolvimento humano” (CASTELLS, 2005, p. 26). Por esse motivo, foco esta parte da análise na *multivocalidade* e na *agency* evidenciadas pelas/nas interações tecnomediadas nas *atividades* de um GEPMM e não apenas e de forma limitada aos artefatos mediadores – os modelos matemático e computacional.

Uma multivocalidade híbrida, oriunda da hibridade discursiva, foi observada nas *atividades* do GEPMM aqui analisadas. A resolução de problemas coletiva e a produção de conhecimentos, especificamente no que tange à questão problemática do “peso corporal ideal”, representaram, notadamente, uma substancial expansão do repertório dos *sujeitos* partícipes da referida *atividade*. Ao *objeto* da referida *atividade*, destaca-se uma dimensão real, objetiva e outra futura ou imaginária. Nesse sentido, ao mesmo tempo em que ele – o *objeto* – era tomado na *atividade* prática, objetiva, real do GEPMM, configurava-se uma dimensão futura, intencional, projetiva, idealizada do “mesmo” *objeto*, mediante *ações* de idealizar – idealizações. Ambas as dimensões somente podem ser analisadas em face da multivocalidade a ser observada nas/pelas interações tecnomediadas.

No momento que dedicávamos esforços para a abertura da *caixa-cinza* 3 (*CP*<sub>3</sub>), estávamos engajados em uma análise crítica do modelo constituído por várias EDOs e implementado como o *bwsimulator* – um *aparato da razão*. Como resultado de tal análise e reflexão, detínhamos em nossa imaginação, em nossas ideias sobre tal *instrumento* da referida *atividade*, uma limitação do fenômeno na realidade. Detínhamos, naquele momento, a compreensão de que a problemática questão do “peso corporal ideal”, na realidade, era muito

mais complexa do que a representação fornecida pelo *bwsimulator*, tanto em termos dos alimentos ingeridos que fornecem a energia de entrada, quanto aos exercícios físicos que fazem parte do consumo energético. Estávamos certos de que havia limitações conceituais da realidade a ser modelada – a problemática questão do “peso corporal ideal” e o modelo emergente da matematização e da respectiva implementação computacional. Precisávamos abrir a caixa-cinza 4 ( $CP_4$ ) para avaliarmos se tal limitação era resultante de uma possível limitação teórica, conceitual, da própria *matemática em ação*.

Para tal, pode-se destacar um discurso trazido à cena por dois partícipes da *atividade* aqui analisada – Teoria Fuzzy. Tal discurso acadêmico-científico ecoou em vários momentos da análise dos modelos referidos anteriormente e somente pôde ser em virtude de experiências anteriores vivenciadas pelos dois partícipes. Tal vocalidade ali ecoada trouxe à cena um novo *instrumento*, uma nova ferramenta, uma nova *caixa-preta* a ser aberta – os discursos da Teoria Fuzzy. Mais do que isso, originou-se como uma necessidade para a elaboração/produção de um novo modelo, um novo *instrumento*, que levaria a uma transformação qualitativa do *objeto* da *atividade* em questão, referindo-se tanto à mudança de nível da *caixa-preta* do “peso corporal ideal” (rumo a uma caixa cinza 5), quanto às emergentes e necessárias possibilidades de interações tecnomediadas entre os *sujeitos* da parceria, no que tange ao compartilhamento de informações constituintes de conhecimentos e, conseqüentemente, saberes necessários para tal empreendimento. Tínhamos, assim, uma nova configuração, uma nova estrutura de *atividade*, possibilitada pela e na multivocalidade discursiva que nela ecoava, sob o aspecto de um Plano de *Ações Internas* (PAI) da própria *atividade*.

O Plano de *Ações Internas* (PAI) da *atividade* estava se reconfigurando. Idealizações que preconizam a realização do empreendimento foram evidenciadas nos discursos trazidos à cena pela fala dos *sujeitos*: projetar o uso da Teoria Fuzzy para a construção de um novo modelo – tanto matemático quanto tecnológico.

Poderíamos, inclusive, pensar em um modelo tecnológico no qual a Matemática não poderia dele ser isolada, nem vice-versa. Um modelo tecnomatemático. A Matemática estaria aqui operando com o que poderia ser; ou poderia se tornar – uma idealização orientada pela Matemática, contida no PAI. Tal idealização poderia ser considerada como um elo entre o que é e o que poderia vir a ser – uma nova orientação, uma nova finalidade. Nesse sentido, a existência de idealizações que objetivem alternativas para um fenômeno real se torna parte indispensável do processo de modelagem cujo pressuposto essencial, segundo Bassanezi (2006), consiste no entendimento de que nenhum modelo deve ser considerado definitivo,

podendo sempre ser melhorado, e poderíamos dizer que *um bom modelo* é aquele que propicia a formulação de novos modelos, sendo essa reformulação dos modelos uma das partes fundamentais do processo de modelagem. O autor pontua que isso pode ser evidenciado se considerarmos que:

Os fatos conduzem constantemente a novas situações;  
Qualquer teoria é passível de modificações;  
As observações são acumuladas gradualmente de modo que novos fatos suscitam novos questionamentos;  
A própria evolução da Matemática fornece novas ferramentas para traduzir a realidade (teoria do Caos, Teoria Fuzzy, etc.) (BASSANEZI, 2006, p. 31).

Contudo, tal idealização, contida no PAI da *atividade*, somente pode ser considerada como uma sequência de *ações* ideais, que podem fazer emergir fendas entre tal idealização e o que virá a ser uma *atividade* real, objetiva – concretização da idealização –, fazendo surgir uma objetivação, considerada aqui como transformação de algo subjetivo em algo objetivo – *ações* planejadas transformadas em *ações* executadas pelos *sujeitos* partícipes da *atividade*.

Para isso, uma *ação* inicial a ser realizada na *atividade* prática consistiu no entendimento da Teoria Fuzzy, mediante interações que possibilitaram o compartilhamento de informações sobre tal arcabouço teórico, permitindo a elaboração desse novo *instrumento* que passaria a permear a referida *atividade*. Percebemos ainda, a necessidade de uso e combinação de todos os *instrumentos* matemáticos e tecnológicos que permearam a referida *atividade* para o empreendimento configurado por tal nova construção se tornar de fato real. Entre os *instrumentos* que necessariamente permeavam a *atividade*, podemos destacar: conhecimentos matemáticos (Cálculo, EDO, Fuzzy), estratégias de modelagem matemática, modelos matemáticos, modelos tecnológicos e estratégias de programação de computadores.

Como consideração final a essa parte da análise, pontuo que a sequência de interações de aprendizagem se configura com caracteres cujo “enquadramento” enunciativo remete a significados resultantes de argumentações crítico-reflexivas, dentro de uma prática social – formação dos engenheiros –, estando relacionadas à necessidade de transformações qualitativas de tal prática. A constituição de um contexto formativo (GEPMM) ampliou as possibilidades de interações entre os *sujeitos* e os respectivos *objetos* de suas *atividades*. O *objeto* da *atividade* de Modelagem Matemática analisada nessa tese é constituído por três materializações: “o peso corporal ideal”, a *agency* dos futuros engenheiros e dos docentes evidenciadas nas interações *sujeito-sujeitos* e *sujeitos-objeto*.

Tal contexto formativo somente foi constituído, a partir do resultado da análise da prática social que constitui a formação em Engenharia institucionalizada, podendo ser considerado como um enunciado embebido por diversas ideologias, incluindo as que compõem os discursos científicos e tecnológicos, configurando, dessa forma, uma nova forma de *atividade* na instituição, que amplia as possibilidades de compartilhamento de informações e construção de parcerias – constituindo (criando) um *novo objeto* para os sistemas de *atividade*, como resultado de uma busca consciente, coletiva e intencional de oportunidades para inovar, no sentido de se fazer o novo, renovar, promover mudanças substanciais na prática formativa. Sob esse aspecto, considero as *ações* aqui representadas como inovações no que tange, inclusive, à constituição de um novo e expandido espaço formativo relacionado às disciplinas de Cálculo – *atividades* de Modelagem Matemática – dentro do sistema de *atividades* que é orientado pela formação de engenheiros.

O espaço formativo constituído pelo contexto alternativo mais amplo – GEPMM – inclui, necessariamente, a delimitação de uma inédita rede de aprendizagem – uma parceria. Os *sujeitos* são cúmplices de uma mesma *atividade* de resolução/entendimento de questões-problema do mundo real. O engajamento em tais sistemas de *atividade* está orientado por mudanças nas *agencys* dos docentes e discentes frente às suas múltiplas *atividades*. Os *instrumentos* que permeiam tal *atividade* incluem estratégias de Modelagem Matemática, conhecimentos matemáticos, modelos matemáticos e tecnológicos, conhecimentos de programação de computadores, entre outros.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo busco fazer um tipo de fechamento de ideias a respeito da investigação relatada neste texto, cujo objetivo central esteve orientado pelo seguinte questionamento: *quais aprendizagens expansivas podem ser evidenciadas pelas e nas atividades desenvolvidas por um Grupo de Estudos e Pesquisa em Modelagem Matemática (GEPMM) em um contexto de formação em Engenharia?*

Para tal, os dados foram construídos em um contexto institucional que se destina exclusivamente à formação de engenheiros, localizado em uma cidade do interior de Minas Gerais e os desdobramentos da investigação foram norteados pela abordagem qualitativa, por meio de uma intervenção formativa (ENGESTRÖM; SANNINO, 2010b). Essa intervenção se

engendrou por meio da constituição de um GEPMM, concebido sob a perspectiva que considera os conteúdos do Cálculo como ferramentas ou instrumentos necessários para a formação em Engenharia.

Ancorada nos aportes da teoria histórico-cultural da atividade e da aprendizagem expansiva, a investigação objetivou o estabelecimento de um diálogo com teóricos que discutem Modelagem na Educação Matemática, focando os contextos de formação em Engenharia. Sendo assim, o GEPMM se configura como um espaço formativo alternativo, sob a perspectiva do Cálculo em *ação*.

A construção dos dados para a presente investigação se deu por meio de observações, entrevistas, registro de diário de campo e mensagens eletrônicas. O processo de análise e interpretação dos dados construídos foi desenvolvido com base no próprio processo de constituição do GEPMM, como um ciclo de *ações* potencialmente expansivo (ENGESTROM; SANNINO, 2010b), que possibilitou o preenchimento da “matriz” para análise da aprendizagem expansiva (ENGESTRÖM, 2001).

Além disso, os dados construídos fizeram emergir quatro modalidades analíticas, na tentativa de compreender as possibilidades de aprendizagens expansivas, que podem ser evidenciadas nas e pelas *atividades* de um GEPMM em um contexto de formação em Engenharia. Conforme abordado no Capítulo 5 desta tese, a constituição do referido espaço formativo alternativo (GEPMM) ampliou as possibilidades de interações entre os *sujeitos* e os respectivos *objetos* de suas múltiplas *atividades*, possibilitando aprendizagens expansivas, que se manifestaram como: 1) transposição de fronteiras e construção de redes – parcerias; 2) movimento na *zona de desenvolvimento proximal* da *atividade* docente-discente; 3) transformações qualitativas do *objeto* da *atividade* de Modelagem Matemática; 4) ciclos de *ações* potencialmente expansivas – idealizações.

Ao analisar a referida intervenção formativa, observam-se, ainda, subsídios necessários para considerar que o engajamento nas *atividades* do GEPMM pode, de fato, representar importante papel na formação continuada de professores suas próprias práticas, ampliando, assim, os respectivos horizontes de atuação nas mais diversas dimensões cotidianas de trabalho.

Considerando que o momento de encerramento de uma tese não se configura apenas como um fechamento de ideias, uma vez que várias discussões, debates, estudos e pesquisas podem se originar dos dados e das questões apresentadas, tomando por base o espaço formativo alternativo constituído pelo/no GEPMM em um contexto de formação em Engenharias, entendo que as possibilidades para aprendizagens expansivas se tornam

instigantes objetos de pesquisas futuras. Para tal, como um horizonte possível, a seguinte pergunta diretriz poderia nortear futuras investigações:

*Quais aprendizagens expansivas podem ser evidenciadas nas/pelas interações tecnomediadas pelo Cálculo em ação em atividades de Modelagem Matemática em um contexto de formação em Engenharias?*

Por fim, vale ressaltar que uma intervenção e sua interpretação analítica, constituintes da *práxis* científica, jamais devem ser consideradas como algo que se impõe absolutamente. Há lugar para diversos esquemas e compreensões, e, por conseguinte, confrontos entre interpretações diversas. “Se a interpretação é revelante, é pois num duplo sentido: ela faz aparecer uma estrutura inteligível, que vale de alguma maneira por si mesma, mas ao mesmo tempo dá os meios para atingir, com sua mediação, uma realidade que nela se mostra, mas sem aí se esgotar” (LADRIÈRE, 1978, p. 130).

## REFERÊNCIAS

- ABBAGNANO, N. **Dicionário de Filosofia**. 1ª edição brasileira coordenada e revista por Alfredo Bossi; revisão da tradução e tradução dos novos textos Ivone Castilho Benedetti. 5. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- ALVES-MAZZOTTI, A. J. O método nas ciências sociais. In: ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. São Paulo: Pioneira, 1999. p. 109-176.
- ARAÚJO, J. L. **Cálculo, tecnologias e modelagem matemática: as discussões dos alunos**. 2002. 180 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2002.
- ARAÚJO, J. L.; BORBA, M. C. Construindo pesquisas coletivamente em educação Matemática. In: BORBA, M. de C.; ARAÚJO, J. de L. (Orgs.). **Pesquisa qualitativa em Educação Matemática**. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2006. p. 27-48.
- ARAÚJO, J. L. Brazilian research on modelling in mathematics education. **ZDM - The International Journal on Mathematics Education**, Berlin, v. 42, n. 3-4, p. 337-348, 2010.
- ASBAHR, F. da S. F. A pesquisa sobre a atividade pedagógica: contribuições da teoria da atividade. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 29, maio/ago. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n29/n29a09.pdf> Acesso em: 26 abr. 2013.
- BAKHTIN, M. **Estética da criação verbal**. São Paulo: Martins Fontes, 1992.
- BAKHTIN, M. **Marxismo e filosofia da linguagem: problemas fundamentais do método sociológico da linguagem**. Tradução de M. Lahud e Y. Frateschi Vieira. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2010.

BALDINO, R. R.; CABRAL, T. C. B. O ensino de matemática em um curso de engenharia de Sistemas Digitais. In: CURY, H. N. (Org.). **Disciplinas Matemáticas em cursos superiores**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004. p. 139-186.

BARBOSA, J. C. Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 24., Caxambu. **Anais...** CD-ROM. ANPED: Rio de Janeiro, 2001a.

BARBOSA, J. C. **Modelagem Matemática**: concepções e experiências de futuros professores. 2001b. 253 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2001b.

BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática na sala de aula. **Perspectiva**, Erechim, v. 27, n. 98, p. 65-74, jun. 2003.

BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática: o que é? Por quê? Como? **Veritati**, Salvador, n. 4, p. 73-80, 2004a.

BARBOSA, J. C. Modelagem Matemática em cursos para não-matemáticos. In: CURY, H. N. (Org.). **Disciplinas Matemáticas em cursos superiores**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004b. p. 63-84.

BARBOSA, J. C.; SANTOS, M. A. Modelagem Matemática, perspectivas e discussões. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (ENEM), 9., Belo Horizonte. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Educação Matemática, 2007. Disponível em: <http://www.uefs.br/nupemm/cc86136755572.pdf> Acesso em: 1 ago. 2013.

BARROS, D. L. P. Contribuições de Bakhtin às teorias do texto e do discurso. In: FARACO, C. A.; TEZZA, C.; CASTRO, G. (Orgs.). **Diálogos com Bakhtin**. 4. ed. Curitiba: Editora UFPR, 2007. p. 21-38.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-Aprendizagem com modelagem matemática**: uma nova estratégia. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2006.

BERNARDES, M. E. M. Ensino e aprendizagem como unidade dialética na atividade pedagógica. **Revista Semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional** (ABRAPEE), Campinas, v. 13, n. 2, jul./dez. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pee/v13n2/v13n2a05.pdf> Acesso em: 26 abr. 2013.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. Modelling in engineering: advantages and difficulties. In: HAINES, C. et al. (Ed.). **Mathematical Modelling (ICTMA 12)**: Education, Engineering and Economics. Proceedings from the twelfth International Conference on the Teaching of Mathematical modelling and applications. Chichester, United Kingdom: Horwood Publishing, 2007. p. 415-423.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. **Modelagem Matemática no Ensino**. 5. ed., 2. reimpressão. São Paulo: Contexto, 2011.

BLACK, A.; PRENTICE, A.; COWARD, W. Use of food quotients to predict respiratory quotients for the doubly-labeled water method of measuring energy expenditure. **Human Nutrition Clinic**, Bethesda, v. 40, n. 5, p. 381-391, 1986.

BLUM, W. Applications and Modelling in Mathematics Teaching – a review of arguments and instructional aspects. In: NISS, M.; BLUM, W.; HUNTLEY, Id. (Orgs.). **Teaching of Mathematical modelling and applications**. Chichester: Ellis Horwood, 1991. p. 10-29.

BLUM, W.; LEISS, D. “Filling up” – the problem of independence preserving teacher interventions in lessons with demanding modelling tasks. In: FOURTH CONGRESS OF THE EUROPEAN SOCIETY FOR RESEARCH IN MATHEMATICS EDUCATION (4<sup>o</sup>CERME), 2005, Saint Feliu de Guíxols, Espanha. **Proceedings...** Saint Feliu de Guíxols, Espanha, 2005. Disponível em: [http://www.mathematik.unidortmund.de/~erme/CERME4/CERME4\\_WG8.pdf](http://www.mathematik.unidortmund.de/~erme/CERME4/CERME4_WG8.pdf) Acesso em 26 de jul. 2014.

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

BORBA, M. C.; MENEGHETTI, R. C. G.; HERMINI, H. A. Modelagem, calculadora gráfica, interdisciplinaridade na sala de aula de um curso de Ciências Biológicas. **Revista de Educação Matemática**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 63-70, 1997.

BORBA, M. C.; PENTEADO, M. G. **Informática e Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2001.

BORBA, M. C.; VILLARREAL, M. E. **Humans-with-media and the reorganization of Mathematical Thinking**: Information and communication technologies, modeling, visualization and experimentation. New York: Springer Science+Business Media, Inc., 2005.

BOYCE, W. E.; DIPRIMA, R. C. **Equações diferenciais elementares e problemas de valores de contorno**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

BRASIL, Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia**. Parecer N<sup>o</sup> CNE/CES 1362/2001. Homologado em 2002. Brasília: Ministério da Educação, 2002.  
Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf> Acesso em: 26 jul. 2014.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**, v. 2: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, 2006.

BURAK, D. **Modelagem Matemática**: ações e interações no processo de ensino aprendizagem. 1992. 459 p. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1992.

BURGHES, D. N.; BORRIE, M. S. **Modelling with differential equations**. Chichester: Ellis Horwood Limited, 1981.

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

CAMARENA, G. P. Mathematical models in the context of Sciences. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON MATHEMATICAL EDUCATION (ICME-11), 2008, Monterrey, Mexico. **Proceedings...**, Monterrey, Mexico, 2009. Disponível em: <http://tsg.icme11.org/document/get/440> Acesso em: 1 ago. 2013.

CAMPOS, D. F. **Análise de uma proposta para a disciplina Cálculo Diferencial e Integral I surgida na UFMG após o Reuni usando o testbench de Engeström como modelo de aplicação da teoria da atividade em um estudo de caso.** 2012. 176 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

CASTELLS, M. A sociedade em rede: do conhecimento à política. In: CASTELLS, M.; CARDOSO, G. (Orgs.). **A sociedade em rede: do conhecimento à acção política.** Lisboa: Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 2005. p. 17-31.

CHARLOT, B. **Da relação com o saber: elementos para uma teoria.** Porto Alegre: Artmed Editora, 2000.

CHARLOT, B. **Da relação com o saber às práticas educativas.** São Paulo: Cortez, 2013.

CURY, H. N. COBENGE e Ensino de Disciplinas Matemáticas nas Engenharias: um retrospecto dos últimos anos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO EM ENGENHARIA – COBENGE, 30., 2002. **Anais...** Piracicaba, 2002.

D'AMBRÓSIO, U. Literacy, Matheracy, and Technoracy: a trivium for today. In: D'AMBRÓSIO, U. **Mathematical Thinking and Learning.** Philadelphia: Taylor & Francis, 1999. p. 131-153.

D'AMBRÓSIO, U. Sociedade, cultura, matemática e seu ensino. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 99-120, jan./abr. 2005.

DANIELS, H. Implicit or invisible mediation in the development of interagency work. In: DANIELS, H. et al. (Eds.) **Activity theory in practice: promoting learning across boundaries and agencies.** New York: Routledge, 2010a. p. 105-125.

DANIELS, H. et al. (Eds.) **Activity theory in practice: promoting learning across boundaries and agencies.** New York: Routledge, 2010b.

DAVYDOV, V. V. Problems of developmental teaching: the experience of theoretical and experimental psychological research. **Soviet Education**, v. 30, n. 8-10, 1988.

**DIETARY Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids (Macronutrients).** Disponível em: [www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=10490](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=10490) Acesso em: 1 ago. 2013.

DULLIUS, M. M.; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Ensino e aprendizagem de equações diferenciais com abordagem gráfica, numérica e analítica: uma experiência em cursos de Engenharia. **Boletim de educação Matemática**, Rio Claro, v. 24, n. 38, p. 17-42, abr. 2011. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/2912/291222086003.pdf> Acesso em: 1 ago. 2013.

EDWARDS, C. H.; PENNEY, D. E. **Differential equations: computing and modeling**. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

ENGELS, F. **A origem da família, da propriedade privada e do Estado**. São Paulo: Centauro, 2002.

ENGESTRÖM, Y. **Learning by expanding: an activity-theoretical approach to developmental research**. Helsinki: Orienta-Konsultit, 1987.

ENGESTRÖM, Y. Developmental studies of work as a testbench of activity theory: the case of primary care medical practice. In: CHAIKLIN, S.; LAVE, J. (Eds.). **Understanding practice: perspectives on activity and context**. New York: Cambridge University Press, 1993.

ENGESTRÖM, Y. Innovative learning in work teams: analyzing cycles of knowledge creation in practice. In: ENGESTRÖM, Y.; MIETTINEN, R.; PUNAMÄKI, R.-L. (Eds.). **Perspectives on activity theory**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

ENGESTRÖM, Y. Expansive learning at work: toward an activity theoretical reconceptualization. **Journal of Education and Work**, London, v. 14, n. 1, p. 133-156, 2001.

ENGESTRÖM, Y. Non scolae sed vitae discimus: Como superar a encapsulação da aprendizagem escolar. In: DANIELS, H. (Org.). **Uma introdução à Vygotsky**. São Paulo: Edições Loyola, 2002. p. 175-198.

ENGESTRÖM, Y. **From teams to knots: activity-theoretical studies of collaboration and learning at work**. New York: Cambridge University Press, 2008.

ENGESTRÖM, Y. The future of activity theory: a rough draft. In: ENGESTRÖM, Y.; SANNINO, A. (Eds.). **Studies of expansive learning: foundations, findings and future challenges**. **Educational Research Review**, n. 5, p. 1-24, 2010a.

ENGESTRÖM, Y.; SANNINO, A. studies of expansive learning: foundations, findings and future challenges. **Educational Research Review**, n. 5, p. 1-24, 2010b. Disponível em: <http://www.helsinki.fi/cradle/documents/Engestrom%20Publ/Studies%20on%20expansive%20learning.pdf> Acesso em: 26 abr. 2013.

FERRUZZI, E. C. Interações discursivas e aprendizagem em Modelagem Matemática. 2011. 228 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

FERRUZZI, E. C. Diálogos em modelagem matemática. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 5., 2012. **Anais...** Petrópolis, 2012.

FILHO, E. E.; RIBEIRO, L. R. C. Aprendendo com PBL – Aprendizagem baseada em problemas: relato de uma experiência em cursos de Engenharia da EESC-USP. **Revista Pesquisa e Tecnologia**, São Paulo: Minerva, 2006.

FIORENTINI, D.; LORENZATO, S. **Investigação em educação matemática: percursos teóricos e metodológicos**. 3. ed. Campinas: Autores Associados, 2009.

FLEMMING, D. M. O Ensino de cálculo nas Engenharias: relato de uma caminhada. In: CURY, H. N. (Org.). **Disciplinas Matemáticas em cursos superiores**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004. p. 271-292.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FRAGA, L.; NOVAES, H.; DAGNINO, R. Educação em Ciência, Tecnologia e Sociedade para as Engenharias: perspectivas em educação geral. In: PEREIRA, E. M. de A. (Org.). **Universidade e currículo: perspectivas de educação geral**. Campinas: Mercado das Letras, 2010. p. 135-156.

FRANCHI, R. H. L. **Uma proposta curricular de Matemática para cursos de Engenharia utilizando Modelagem Matemática e Informática**. 2002. 189 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE), Universidade Estadual Paulista (UNESP): Rio Claro, 2002.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 40. reimpressão. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GONÇALVES, M. B.; FLEMMING, D. M. **Cálculo B: funções de várias variáveis, integrais múltiplas, integrais curvilíneas e de superfície**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

HABRE, S. Exploring student's strategies to solve ordinary differential equations in a reform setting. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 18, p. 455-472, 2000.

HABRE, S. Writing In a Reformed Differential Equations Class. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE TEACHING OF MATHEMATICS AT THE UNDERGRADUATE LEVEL, 2., 2002. **Proceedings...** Crete, 2002. Disponível em: [www.math.uoc.gr/~ictm2/Proceedings/pap64.pdf](http://www.math.uoc.gr/~ictm2/Proceedings/pap64.pdf) Acesso em: 1 ago. 2013.

HALL, K. D. et al. Quantification of the effect of energy imbalance on bodyweight. **The Lancet Series**, v. 387, p. 826-837, 2011a.

HALL, K. D. et al. Supplementary webappendix. In: HALL, K. D. et al. (Org.). Quantification of the effect of energy imbalance on bodyweight. **The Lancet Series**, v. 387, p. 826-837, 2011b. Disponível em: <http://bwsimulator.niddk.nih.gov/> Acesso em: 21 jan. 2014.

HERBSTER, A. F.; BRITO, N. D. Labcon: uma experiência de modernização da disciplina Cálculo Numérico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO EM ENGENHARIA – COBENGE, 33., 2005. **Anais...** Campina Grande, 2005.

- JAVARONI, S. L. **Abordagem geométrica**: possibilidades para o ensino e aprendizagem de Introdução às Equações Diferenciais Ordinárias. 2007, 231 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2007.
- KAISER, G.; SRIRAMAN, B. A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. **ZDM – The International Journal on Mathematics Education**, Berlin, v. 38, n. 3, p. 302-310, 2006. Disponível em: <http://subs.emis.de/journals/ZDM/zdm063a9.pdf> Acesso em: 16 abr. 2013.
- KAPTELININ, V. Activity theory: implications for human-computer interaction. In: NARDI, B. A. (Ed.). **Context and consciousness: activity theory and human-computer interaction**. Cambridge: The MIT Press, 1996. p. 103-116.
- KAWASAKI, T. F. **Tecnologias na sala de aula de Matemática**: resistência e mudanças na formação continuada de professores. 2008. 212 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- KOSIK, K. **Dialética do Concreto**. Tradução de Célia Neves e Alderico Toríbio. 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1976.
- KOZULIN, A. O conceito de atividade na psicologia soviética: Vygotsky, seus discípulos, seus críticos. In: DANIELS, H. (Org.). **Uma introdução à Vygotsky**. Tradução de Marcos Bagno. São Paulo: Edições Loyola, 2002. p. 111-138.
- LADRIÈRE, J. **Filosofia e práxis científica**. Rio de Janeiro: Francisco Alves Editora, 1978.
- LATOURETTE, B. **Ciência em ação**: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. Tradução de Ivone C. Benedetti. São Paulo: Editora UNESP, 2000.
- LAVE, J.; WENGER, E. Prática, pessoa, mundo social. In: DANIELS, H. (Org.). **Uma introdução à Vygotsky**. São Paulo: Edições Loyola, 2002. p. 165-174.
- LEFEBVRE, H. **Lógica formal lógica dialética**. Tradução de Carlos Nelson Coutinho. 5. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1991.
- LEONTEV, A. **Activity, consciousness, and personality**. New Jersey: Prentice-Hall, 1978. Disponível em: <http://lchc.ucsd.edu/mca/Paper/leontev/index.html> Acesso em: 26 abr. 2013.
- LEONTIEV, A. **O desenvolvimento do psiquismo**. Tradução de Rubens Eduardo Frias. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2004.
- LIBÂNEO, J. C. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davydov. **Revista Brasileira de Educação**, São Paulo, n. 027, p. 5-24, set./out./nov./dez. 2004.
- LIBÂNEO, J. C.; FREITAS, R. A. M. D. M. Vygotsky, Leontiev, Davydov: três aportes teóricos para a teoria histórico-cultural e suas contribuições para a didática. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO, 4., 2006. **Anais...** Goiânia: Editora Vieira/UCG, v. 1. p. 1-10, 2006.

- MATEUS, E. F. **Atividade de aprendizagem colaborativa e inovadora de professores: ressignificando as fronteiras dos mundos universidade-escola**. 2005. 325 f. Tese (Doutorado em Linguística Aplicada e Estudos da Linguagem) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2005.
- MATTELART, A. **História da sociedade da informação**. 2. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2006.
- MEYER, J. F. C. A.; CALDEIRA, A. D.; MALHEIROS, A. P. S. **Modelagem em educação matemática**. Belo Horizonte: Autêntica, 2011. (Coleção Tendências em Educação Matemática).
- MICCOTTI, M. C. de O. O ensino e as propostas pedagógicas. In: BICUDO, M. A. V. (Org.). **Pesquisa em Educação Matemática: concepções e perspectivas**. São Paulo: Editora UNESP, 1999. p. 153-168.
- MORENO, M.; AZCÁRATE GIMÉNEZ, C. Concepciones y creencias de los profesores universitarios de matemáticas acerca de la enseñanza de las ecuaciones diferenciales. **Enseñanza de Las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. 21, n. 2, p. 265-280, 2003. Disponível em: <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v21n2p265.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2013.
- MOURA, M. O. et al. Atividade orientadora de ensino: unidade entre ensino e aprendizagem. **Revista Diálogo Educacional**, v. 10, n. 29, p. 205-229, jan./abr., 2010. Disponível em: <http://www2.pucpr.br/reol/index.php/dialogo?dd1=3432&dd99=view> Acesso em: 26 abr. 2013.
- PINTO, A. V. **O conceito de tecnologia**. v. I. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005a.
- PINTO, A. V. **O conceito de tecnologia**. v. II. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005b.
- RESNICK, L. B. Learning in school and out. **Educational Researcher**, v. 16, n. 9, p. 13-20, 1987.
- RIGON, Al. J.; ASBAHR, F. da S. F.; MORETTI, V. D. Sobre o processo de humanização. In: MOURA, M. O. (Org.). **A atividade pedagógica na teoria Histórico-cultural**. Brasília: Liber livro, 2010.
- SÁNCHEZ VÁZQUEZ, A. **Filosofia da práxis**. Tradução de Luiz Fernando Cardoso. 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977.
- SÁNCHEZ VÁZQUEZ, A. **Filosofia e Circunstâncias**. Tradução de Luiz Cavalcanti de M. Guerra. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2002.
- SANNINO, A.; NOCON, H. Introduction: activity theory and school innovation. **Journal of Educational Change**, v. 9, n. 4, p. 325-328, 2008.

SCAGLIUSI, F. B.; LANCHA JÚNIOR, A. H. Estudo do gasto energético por meio da água duplamente marcada: fundamentos, utilização e aplicações. **Revista de Nutrição**, Campinas, n. 4, p. 41-551, jul./ago. 2005.

SILVA, J. M. A. A quem as universidades estão servindo? **Folha de S.Paulo**, 6 out. 2012. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/opiniao/70282-a-quem-as-universidades-estao-servindo.shtml> Acesso em: 24 jan. 2014.

SKOVSMOSE, O. **Educação matemática crítica**: a questão da democracia. Tradução de A. Lins (caps. 1-4) e J. de L. Araújo (cap. 5). Prefácio de M. C. Borba. Campinas: Papirus, 2001. (Coleção Perspectivas em Educação Matemática).

SKOVSMOSE, O. **Educação crítica**: incerteza, Matemática, responsabilidade. Tradução de Maria Aparecida Viggiani Bicudo. São Paulo: Cortez, 2007.

SOARES, E. M. S.; SAUER, L. Z. Um novo olhar sobre a aprendizagem de Matemática para a Engenharia. In: CURY, H. N. (Org.). **Disciplinas Matemáticas em cursos superiores**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004. p. 139-186.

SOUZA, L. F; AGUIAR, C. E. **Um experimento sobre a dilatação térmica e a lei de resfriamento**. Monografia (Licenciatura em Física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

STEWART, J. **Cálculo, volume 2**. 5. ed. Tradução de A. C. Moretti e A. C. G. Martins. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

UNIVERSIDADE Federal de Itajubá. Portaria n. 4.066, 29 de dezembro de 2003. **Estatuto**. Disponível em: <http://www.unifei.edu.br/files/arquivos/EstatutoUNIFEI.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2013.

VYGOTSKY, L.S. **Consciousness as a problem in the psychology of behavior**. Soviet Psychology, v. 17, p. 3-35, 1979.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

WEIR, J. New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. **Journal Physiology**, v. 1-2, n. 109, p. 1-9, 1949.

WERTSCH, J. V. **Vygotsky and the social formation of mind**. Cambridge: Harvard University Press, 1985.

WERTSCH, J. **Vygotsky y la formación social de la mente**. Série Cognición y desarrollo humano. Barcelona: Paidós, 1988

ZILL, D. G. **A first course in differential equations with modeling applications**. 6. ed. Califórnia: Brooks/Cole, 1997.

ZILL, D. G.; CULLEN, M. R. **Equações diferenciais**. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2008.