

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA

MORGANA SCHELLER

MODELAGEM & LINGUAGEM CIENTÍFICA NO ENSINO MÉDIO

PORTO ALEGRE

2017

MORGANA SCHELLER

MODELAGEM & LINGUAGEM CIENTÍFICA NO ENSINO MÉDIO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Educação em Ciências e Matemática.

Orientador: Professor Doutor Lori Viali

PORTO ALEGRE

2017

Ficha Catalográfica

S322m Scheller, Morgana

Modelagem & Linguagem Científica no Ensino Médio / Morgana Scheller . – 2017.

191 f.

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, PUCRS.

Orientador: Prof. Dr. Lori Viali.

1. Escrita científica. 2. Ensino com Pesquisa. 3. Iniciação Científica. 4. Ensino Médio. 5. Modelagem Matemática na Educação.
I. Viali, Lori. II. Título.

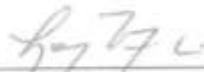
Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da PUCRS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

MORGANA SCHELLER

"MODELAGEM E LINGUAGEM CIENTÍFICA NO ENSINO MÉDIO"

A tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutora em Educação em Ciências e Matemática.

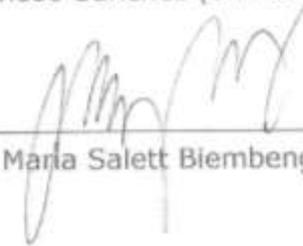
Aprovada em 20 de março de 2017, pela Banca Examinadora.



Dr. Lori-Viali (Orientador - PUCRS)



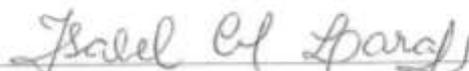
Dr. José María Chamoso Sánchez (Universidad de Salamanca)



Dra. Maria Salett Biembengut



Dra. Francieli Matzembacher Pinton (UFSM)



Dra. Isabel Cristina Machado de Lara (PUCRS)

*Dedico este trabalho a meus três amores Adilson, Milena e Enzo,
que sempre me incentivaram a seguir no conhecer,
que suportaram minha ausência e apoiaram meus estudos e fazeres,
para que meu estar-ser fosse o nosso ser-estar.
Dedico a minha mãe que me ensinou a lutar sem desistir jamais.*

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

(Arthur Schopenhauer)

RESUMO

Esta pesquisa objetiva analisar a Linguagem Científica de estudantes do Ensino Médio Integrado expressa nas produções escritas a fim de especificar em que medida a Modelagem Matemática contribui para o desenvolvimento da Linguagem Científica. Para isso se utilizou os procedimentos do Mapeamento na Pesquisa Educacional, constituindo assim quatro Mapas: de Identificação; o Teórico; de Campo; e o de Análise. O Mapa Teórico se constitui de referenciais que versam sobre Modelagem Matemática, Linguagem e Linguagem Científica, aportes teóricos de base empírica e analítica. A linguagem é entendida como um dos sistemas semióticos que se constituem em uma cultura distinguindo-se dos demais, pois atua como sistema de codificação para os outros. O Mapa de Campo, composto a partir de um levantamento de produções oriundas da Iniciação Científica de uma Instituição pública de ensino integrado, contém dez produções elaboradas no período entre 2004 e 2012, nas quais há utilização de Modelagem Matemática no processo. Extraíram-se delas fragmentos de modo a constituir o Mapa-guia de cada produção, organizados nas três fases da Modelagem Matemática. Para análise dos dados elegeram-se quatro categorias contemplando aspectos linguísticos e aspectos matemáticos: taxonomia técnica, processos semântico-gramaticais, representações visuais e letramento matemático. Os resultados e discussão estão contidos no Mapa de Análise. Os resultados indicam que os estudantes fazem uso de linguagem científica na expressão do processo de Modelagem Matemática utilizando, simultaneamente, aspectos linguísticos e matemáticos que são complementares na produção de significados. Na construção textual, permeada de recursos semióticos, fazem uso de linguagens cujas funções distintas preponderam, ou seja, adicionam outro significado ao já existente. Percebeu-se o desenvolvimento das habilidades relativas ao letramento matemático e científico. Desta forma, mediante o auxílio de medidas de associação e correlação de dados e escore padronizado, cinco das produções obtiveram desempenho geral (média das quatro categorias) acima do índice médio dos escores, caracterizando assim o uso da Linguagem Científica. Sendo assim, defende-se a tese de que a Modelagem Matemática contribui para o desenvolvimento da Linguagem Científica de estudantes do Ensino Médio uma vez que evidenciou-se a implantação competente do significado matemático no contexto, quando expressão verbal e representações visuais foram utilizados de modo interdependente.

Palavras-chave: Escrita científica. Ensino com pesquisa. Iniciação Científica. Ensino Médio.

ABSTRACT

This research aims to study the Scientific Language of high school students, expressed in the written productions in order to specify to what extent Mathematical Modeling contributes to the development of the Scientific Language. For this purpose, the procedures of Educational Research Mapping were used, constituting four Maps: identification, theoretical, field and analysis. The theoretical map, constituted of theoretical references, explains about Modelling Mathematical, Language and Scientific Language, theoretical contributions of both empirical and analytic base. Language is understood as one of the semiotic systems, these that make a culture distinguish itself from the others because it acts as a codification system for others. The field map, composed from a survey about the production of the Scientific Initiation in a High School public institution, contains 10 productions elaborated between 2004 and 2012, in which Modelling Mathematical was used in the process. From them, fragments were extracted in order to constitute the Guide Map of each production, organized in the three phases of Modelling Mathematical. For the data analysis, four categories were chosen: linguistic aspects and mathematical aspects: technical taxonomy, semantic-grammatical processes, visual representations and mathematical literacy. The results and discussion are contained in the analysis Map. The results indicate that students make use of scientific language in the expression of the process of Modelling Mathematical using simultaneously linguistic aspects and mathematical aspects, both complementary in the production of meanings. In textual construction, permeated with semiotic resources, they make use of languages whose distinct functions preponderate, that is, they add another meaning to the existing one. The development of the skills related to mathematical and scientific literacy was perceived. Thus, through the use of measures of association and data correlation and standardized score, five of the productions obtained general performance (average of four categories) above the average score of high school students, thus characterizing the use of the Scientific Language. Thus, it is defended the thesis that Mathematical Modeling contributes to the development of the Scientific Language of High School students since the competent implementation of the mathematical meaning in the context was evidenced, when verbal expression and visual representations were used in a way interdependent.

Keywords: Scientific writing. Teaching with research. Scientific research. High school.

LISTA DE MAPAS¹

Mapa 1 – Composição do Mapa de Identificação da tese.	21
Mapa 2 – Constituição do Mapa Teórico da pesquisa.	40
Mapa 3 - Movimentos entre as fases da Modelagem, segundo Biembengut (2014).	46
Mapa 4 – Concepções e fases de processo de Modelagem.	47
Mapa 5 – Representação das variáveis do contexto de situação, segundo Halliday.	60
Mapa 6 – Representação das principais áreas de significado potencial que podem ser determinada ou ativada por uma variável situacional de registro.	62
Mapa 7 – Características da Linguagem segundo Vygostky e Halliday.	66
Mapa 8 – Resumo dos conceitos de linguagem escrita de Vygotsky e Halliday.	71
Mapa 9 – Caracterização das linguagens comum e científica, de acordo com Halliday e Martin (1993).	77
Mapa 10 – Escrita de uma mesma informação na linguagem comum e sua reescrita na forma científica.	77
Mapa 11 – Quantitativo de produções (teses e artigos) identificadas relativas ao tema da pesquisa.	79
Mapa 12 – Produções recentes sobre Modelagem Matemática e Linguagem, e	80
Mapa 13 – Resumo das definições de Modelagem.	87
Mapa 14 – Resumo das definições de Linguagem	88
Mapa 15 – Resumo característico das dificuldades na Linguagem Científica, segundo Halliday (1993b).	89
Mapa 16 – Constituição do Mapa Teórico da pesquisa.	91
Mapa 17 – Resumo dos procedimentos para a obtenção de dados para a análise.	93
Mapa 18 – Composição do Mapa de Análise da tese.	133
Mapa 19 - Categorias e subcategorias para análise das produções escritas.	134
Mapa 20 – Níveis para avaliação da escrita nas categorias de análise.	140
Mapa 21 – Níveis médios da taxonomia técnica correspondentes aos mapas-guia nas fases da Modelagem.	143
Mapa 22 – Nível médio de terminologia específica nas fases da Modelagem Matemática. .	143

¹ A ideia de mapa refere-se a ideia de guia para se possa obter informações ou algum conhecimento. Sistema de signos utilizados para expressão do conhecimento sobre algo. Denominam-se mapas, cada uma das representações esquemáticas (esquemas, fluxogramas, tabelas e quadros) apresentadas no decorrer do texto, a fim de representar informações importantes para a pesquisa (BIEMBENGUT, 2008).

Mapa 23 – Percentual médio de densidade léxica no decorrer das fases da Modelagem Matemática.....	146
Mapa 24 – Níveis médios dos processos semântico-gramaticais dos mapas-guia nas fases da Modelagem.	148
Mapa 25 – Percentual médio de processos nominais de cada nível no decorrer das fases da Modelagem Matemática existentes nos Mapas-guia.	150
Mapa 26 – Nível médio dos processos nominais nas fases da Modelagem Matemática.	151
Mapa 27 – Nível médio dos processos verbais de acordo com fases da Modelagem Matemática.....	153
Mapa 29 – Nível das representações visuais obtidas a partir da análise dos Mapas-guia.....	157
Mapa 30 – Frequência das funções desempenhadas pelas linguagens quando utilizado representações visuais.....	160
Mapa 31 – Síntese entre as capacidades fundamentais da matemática e sua materialização no processo de Modelagem.....	164
Mapa 32 – Relação entre as capacidades fundamentais da matemática e sua materialização na Modelagem.	167
Mapa 33 – Níveis médios dos Mapas-guia relativo às quatro categorias avaliadas.....	172
Mapa 34 – Níveis médios dos Mapas-guia relativo às quatro categorias avaliadas.....	172
Mapa 35 – Escore Z (multiplicado por 100) relativo aos aspectos linguísticos ao longo das fases da Modelagem.....	173
Mapa 36 – Escore padronizado dos Mapas-guia com referenciais em relação à média de 500 pontos.....	174

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais
EAFRS	Escola Agrotécnica Federal de Rio do Sul
EP	Escore Padronizado
FETEC	Feira de Conhecimento Tecnológico e Científico
FURB	Fundação Universidade Regional de Blumenau
ICTMA	Conferência Internacional sobre Ensino de Modelagem Matemática e Aplicações
IFC	Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Catarinense
LC	Linguagem Científica
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MG	Mapa-guia
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
PUCRS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria

SUMÁRIO

MINHA ESPIRAL NA EDUCAÇÃO: MEMORIAL E APRESENTAÇÃO	13
1 MAPA DE IDENTIFICAÇÃO	19
1.1 A IDENTIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	21
1.1.1 A Modelagem nos Cursos Integrados do Instituto Federal Catarinense – Campus Rio do Sul.....	25
1.1.2 Da Linguagem à Linguagem Científica	27
1.2 MAPEAMENTO COMO PRINCÍPIO METODOLÓGICO.....	31
1.2.1 Mapa Teórico	32
1.2.2 Mapa de Campo	33
1.2.3 Mapa de Análise.....	35
1.2.4 Caracterização da pesquisa	37
1.2.5 Resultados esperados.....	38
2 MAPA TEÓRICO – MODELAGEM E LINGUAGEM: DOS CONCEITOS ÀS TEORIAS	39
2.1 MODELAGEM E MODELAGEM NA EDUCAÇÃO.....	41
2.1.1 Concepções de Modelagem Matemática e Modelagem na Educação	42
2.1.2 Modelagem Matemática na Educação – a Modelação	47
2.2 TEORIA DE LINGUAGEM	51
2.2.1 Linguagem – conceitos e definições.....	51
2.2.2 A Linguagem para Halliday e Vygotsky.....	56
2.2.3 A Linguagem Científica na perspectiva linguística de Halliday e Lemke.....	71
2.3 PRODUÇÕES RECENTES: MODELAGEM NA EDUCAÇÃO E LINGUAGEM E LINGUAGEM CIENTÍFICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA	79
2.3.1 Mapa das produções recentes: Modelagem Matemática e Linguagem	80
2.4 CONSIDERAÇÕES DESTE MAPA TEÓRICO	86
3 MAPA DE CAMPO.....	91
3.1 O CONTEXTO EMPÍRICO	93

3.2	DESCRIÇÃO DAS PRODUÇÕES	95
3.2.1	Mapa-guia 01 - Modelagem Matemática no controle da produção de leite de animais da raça holandesa.	95
3.2.2	Mapa-guia 02 - Curva de crescimento de frangos de corte e suínos.	101
3.2.3	Mapa-guia 03 - Perda de Peso no armazenamento da cebola.	104
3.2.4	Mapa-guia 04 - Efeito da glicose na beterraba.	107
3.2.5	Mapa-guia 05 - Modelagem matemática na análise de sistemas de criação de frango de corte.	110
3.2.6	Mapa-guia 06 - Uso da modelagem matemática no estudo de curvas de lactação de vacas leiteiras holandesas da EAFRS.	114
3.2.7	Mapa-guia 07 - Compostagem a partir de diversos resíduos orgânicos.	118
3.2.8	Mapa-guia 08 - Respostas do milho em sistema de plantio direto e convencional no município de Agrolândia-SC, safra 2005-06.	121
3.2.9	Mapa-guia 09 - Piscicultura: carpa húngara e carpa capim.	124
3.2.10	Mapa-guia 10 - Aspectos econômicos da conservação de cebola roxa e crioula no Alto Vale do Itajaí, na safra 2004/2005.....	126
3.3	CONSIDERAÇÕES DESTE MAPA TEÓRICO	129
4	MAPA DE ANÁLISE	132
4.1	PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE	133
4.2	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	142
4.2.1	Taxonomia técnica	142
4.2.2	Processos semântico-gramaticais	148
4.2.3	Representações Visuais	156
4.2.4	Letramento Matemático.....	162
4.2.5	A linguagem científica ao longo das fases da Modelagem e das produções	168
4.3	CONSIDERAÇÕES DESTE MAPA TEÓRICO	175
	DAS CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO	176
	REFERÊNCIAS	183

MINHA ESPIRAL NA EDUCAÇÃO: MEMORIAL E APRESENTAÇÃO

O decorrer do percurso no palco da Educação, com destaque ao ensino, levou-me a querer realizar mais uma pesquisa, entre tantas existentes. Por que mais uma pesquisa com Modelagem Matemática? Como docente e acadêmica, almejo, pois, continuamente ‘estar no conhecer’, estar a ampliar o pouco do que já sei, também desejo lapidar meus ideais. O percurso na Educação me revelou encontros com métodos educacionais que encantam e surpreendem, um deles – a Modelagem na Educação. Essa surpresa e encantamento não ocorreram na formação básica (1981-1991) e nem na formação inicial (1992-1996). Também não me deixou marcos significantes no Ensino de Matemática, talvez porque a linguagem veiculada durante a formação não tenha exercido completamente as suas funções.

Por destino ou não, no começo do caminho, 1992, iniciei a docência em Escolas Multisseriadas, nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental. Continuei a trabalhar com este modelo por cinco anos com quatro turmas simultaneamente. Minhas tarefas naquelas instituições de ensino se resumiam às funções de: docente, merendeira, faxineira, um pouco mãe, amiga, enfermeira, dentre outras. Foi uma experiência importante pelas lições que aprendi, igualmente pelas várias formas de linguagens utilizadas e surgidas naquele espaço. Foi prazeroso o convívio com os pequenos, visto que eram dóceis, carismáticos, verdadeiros, a maioria, dedicada ao estudo. Nesta época, ocorreu meu primeiro contato com o desenvolvimento de projetos: em um denominado Clube da Árvore, patrocinado por uma indústria fumageira. Talvez estivesse nascendo ali o interesse pela Linguagem Científica.

Nesse ano, no segundo semestre, ingressei na universidade, no curso de licenciatura em Educação em Ciências. Para quem não pensava em ser professora e gostava de praticar esportes, estava eu ali estudando matemática. Fui me envolvendo, deixando-me levar e apaixonando-me pela matemática. Nesta etapa, tinha o maior apreço pela sintaxe da matemática, estando à pragmática quase inexistente.

No decorrer do curso, iniciei a docência nos Anos Finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio na disciplina de Matemática, em 1994. O modo de conduzir os processos de ensino e de aprendizagem apresentava-se um tanto diferenciado do qual eu vinha realizando até então com os pequenos. A linguagem utilizada nas aulas apresentava diferenças, talvez pelo fato dos estudantes serem independentes e autônomos diferenciando-se dos estudantes dos Anos Iniciais.

Identifiquei-me cada vez mais, com o passar dos anos, com o ensino de matemática. As formas e tipos de linguagens utilizados foram sendo expandidos e o valor dado à

pragmática dos conceitos matemáticos ampliava o seu espaço em minha prática e formação. Foram doze anos trabalhando na Escola de Educação Básica Dr. Frederico Rolla, iniciando com docência nos Anos Finais do Ensino Fundamental e, no Ensino Médio, com a disciplina de Matemática. Durante essa etapa, ao iniciar, finalizar ou desenvolver determinados conteúdos, desenvolvia projetos ou trabalhava com *temas de interesse*². Essa forma de ensino demandava tempo e organização, por vezes, sendo utilizado o período extraclasse para colaborar com os estudantes, na estruturação e finalização dos projetos e na elaboração dos relatórios. Porém, era esse modo de trabalhar o ensino de matemática que me realizava profissionalmente. Sempre buscava variar os temas e inovar, visto que a rotina se torna cansativa e necessita de adaptações.

Entre alguns exemplos de *temas* explorados na Instituição, aponto: *reinventando a aritmética da Emília* (quinta série); *Tudo acaba em Pizza* (sexta série), *Chocolate para todos os gostos* (sétima série); *A vazão como instrumento de trabalho e, Atalanta, Mata Atlântica e Você* (oitava série); *Lixo e Água* (Ensino Fundamental e Médio); *Trânsito e Cerveja: uma paixão nacional*, desenvolvido com o Ensino Médio, dentre outros. Esses trabalhos/projetos desenvolvidos foram socializados na turma, em mostras escolares e nas chamadas Feiras de Matemática³. Considero que este movimento, assim como a Mostra de Iniciação Científica a âmbito de Ensino Médio, que participo com meus estudantes desde 1999, contribuiu de forma significativa para o enriquecimento profissional, fortalecendo a identificação com a área que trabalho. Mas, os entraves para o desenvolvimento deste tipo de trabalho não se limitavam apenas ao tempo. Os fatores como a desmotivação profissional oriundos de impasse institucional fizeram com que eu não ficasse satisfeita com os fatos e procurasse novos horizontes.

Foi quando em 2006, mais de uma década após iniciar o trabalho com *projetos/temas* de interesse, eu estava ocupando a função de docente na Escola Agrotécnica Federal de Rio do Sul (EAFRS), hoje, denominada de Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Catarinense – Campus Rio do Sul (IFC – Rio do Sul). Ali desempenhava atividades de ensino, pesquisa e extensão (docente de Matemática e do Projeto de Iniciação Científica) no

² Termo que designava ao procedimento de estudar um *tema* em profundidade, a fim de inteirar-se sobre o assunto fazendo aplicações matemáticas de conteúdos explorados. Não era discutido objetivo ou identificado problema, consistia de um *tema* gerador.

³ O termo Feira de matemática é entendido, em Santa Catarina, como um processo educativo científico-cultural, que alia vivências e experiências; espaço próprio para a divulgação de trabalhos desenvolvidos na área relacionada à Matemática (todos os níveis de ensino). Hoje o movimento já é nacional e possui em Santa Catarina, 34 anos.

Ensino Médio Integrado à Educação Profissional Técnica de Nível Médio nos cursos de Técnico em Agropecuária e Técnico em Agroecologia, finalmente estava em uma instituição que estimulava um ensino que atendia às minhas aspirações, dentre elas o gosto pelo estímulo à pesquisa.

Quando e como veio a Modelagem? Os primeiros contatos com o método ocorreram de forma gradativa, decorrentes das experiências em sala de aula impulsionadas pelas ideias surgidas quando cursava as disciplinas de Cálculo com a professora Maria Salett Biembengut, na Universidade Regional de Blumenau (FURB). Foi em 1993 e 1994, quando era aluna do curso de Ciências (Licenciatura Plena em Matemática) e, mais tarde em 1998, quando participei de um curso de aperfeiçoamento de cento e oitenta horas em Ensino de Matemática na FURB. O contato com a Modelagem se intensificou e as primeiras experiências no ensino e pesquisa se iniciavam em 1999, com o primeiro trabalho realizado, relatado e socializado. Este marco representou para mim a consolidação de um método alternativo para o ensino de matemática. Paralelamente, foi a transposição das barreiras que muitos professores enfrentam: o uso da linguagem escrita de suas práticas pedagógicas e o incentivo ao registro escrito dos trabalhos desenvolvidos pelo seus estudantes.

Essa experiência se deu com o início de um trabalho de ensino com pesquisa realizado em uma turma de oitava-série do Ensino Fundamental. O *tema* versou sobre a vazão de água de três rios que passam pelo centro da cidade, dentre os quais, um deles abastece a estação de tratamento de água para a cidade. Atualmente, avalio que esta prática se aproximou da Modelagem, mesmo não tendo conhecimento sobre o método de ensino. Foi por meio da formação continuada que obtive subsídios para posteriores práticas de Modelagem.

Em 1998, paralelamente ao curso de aperfeiçoamento, iniciei uma pós-graduação em nível de especialização em Metodologia de Ensino de Matemática e foi ao cursar as disciplinas de Metodologia do Ensino de Matemática⁴ e Tópicos Específicos para o Ensino de Matemática⁵, que percebi o quanto a Modelagem Matemática havia despertado interesse e se fazia presente no ensino de matemática. Nestas disciplinas, o contato com o *tema* se intensificou com as leituras realizadas e experiências socializadas durante o curso. Isso contribuiu para que o trabalho de conclusão, em 2000, fosse a utilização da Modelagem Matemática no ensino. O trabalho final intitulado '*Modelagem Matemática como estratégia de Ensino-aprendizagem na Classe de Aceleração nível 3*' referiu-se à experiência com

⁴ Disciplina ministrada pela então professora Ms. Maria Auxiliadora Maroneze de Abreu, no curso oferecido pela Universidade para o desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí.

⁵ Disciplina ministrada pelo então Professor Dr. Ademir Damázio.

Modelagem Matemática, no ensino de matemática, em uma turma de estudantes com defasagem idade/série. A Modelagem se destacou como estratégia de ensino para estudantes sem êxito escolar dentro da idade correta e inseridos em um curso regular. Desta forma, as atividades foram entendidas por eles como diferenciadas, com uma linguagem que despertava o interesse em envolver-se nas sequências didáticas de Geometria.

A cada ano surgem novas experiências relacionadas ao ensino e nesse momento, a linguagem nos espaços de Modelagem perpassava o caráter semiótico dando maior ênfase à questão da semântica e da pragmática. Assim, procurando ampliar as compreensões presentes até então, em 2007, ingressei no mestrado em Ensino de Matemática ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Logo, demonstrei o meu interesse sobre o tema – Modelagem - chamando a atenção da professora Dra. Marilaine de Fraga Sant’Ana que participava do ato inaugural. Comecei a delinear a pesquisa a partir das ideias surgidas nas conversas com a professora e meu interesse em trabalhar com Iniciação Científica. Desta forma, pesquisei as contribuições da Modelagem Matemática para a Iniciação Científica do Ensino Médio Técnico, investindo mais uma vez em pesquisas na Educação Básica.

Ao passar a ter vínculo empregatício com o Instituto Federal e cursar o Mestrado, os estudos e práticas de Modelagem foram sendo intensificadas e aprimoradas. Foram feitos vários trabalhos utilizando-a, sendo como método de pesquisa ou como método de ensino. O espaço escolar existente na Instituição propiciava práticas com este intuito, pois a linguagem que existia naquele ambiente não pretendia apenas a comunicação de conteúdos e transmissão de informação. A Modelagem contribuía para o desenvolvimento do pensamento, para refletir o sobre, o porquê e o como das temáticas pesquisadas no recinto escolar. Hoje, continuo a defender esta abordagem, tanto nas disciplinas de Matemática e Iniciação Científica para o Ensino Integrado e Subsequente, quanto na formação de professores no curso de Licenciatura em Matemática, com as disciplinas de Laboratório de Ensino e Aprendizagem I e Estágio Supervisionado.

Como a Modelagem utilizada nas práticas de ensino escolar faz uso de diversas formas de linguagens, entendendo que ela ou a sua faculdade, constantemente, se atualiza, se concretiza em uma língua específica, um conjunto de regras e normas que permitem a comunicação em uma determinada comunidade. Sendo assim, reconheci em mim um desejo maior em pesquisar como os estudantes utilizam a linguagem escrita e o que desejam expressar quando fazem uso dela no espaço escolar. Principalmente, quando projetam ou relatam atividades de aprendizagem (com ou sem pesquisa); se utilizam de Linguagem

Científica ou não, e em que medida a Modelagem Matemática contribui para o desenvolvimento dessa linguagem. Além disso, busco verificar se a Modelagem possibilita uma ampliação de conceitos na expressão dos resultados do processo, contribuindo para a formação integral do estudante no Ensino Médio.

Como tudo parece ser cíclico, porém em espiral tridimensional, ingressei no doutorado no Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática para continuar a pesquisar sobre Modelagem na Educação. Atualmente, as pesquisas se voltam para a linguagem escrita dos estudantes quando a utilizam como método de pesquisa e obtêm modelos que resolvem uma situação-problema de interesse deles. Na pretensão de completar mais uma etapa na vida acadêmica e continuar a pesquisar Modelagem na Educação Básica, tive a professora Dra. Maria Salett Biembengut, nos três primeiros anos do doutoramento, na função de orientadora. Ela se tornou um elo importante no início dessa jornada e também no final de mais uma – o ser pesquisador.

A partir de considerações iniciais de pesquisas realizadas com estudantes deste nível, a respeito de Linguagem Científica, pretende-se defender a tese de que a Modelagem Matemática contribui para o desenvolvimento da Linguagem Científica. Ademais, supõe-se que os estudantes após vivenciarem a Modelagem Matemática expressam de forma escrita o processo e utilizam linguagem mais densa e estrutura. Linguagem esta composta de argumentações e em maior expressividade na terceira fase do processo.

A pretensão desta tese é de analisar a Linguagem Científica nas produções escritas de Modelagem Matemática no Ensino Médio Integrado à Educação Profissional Técnica de Nível Médio⁶, deste modo, ela está distribuída em quatro grandes partes, cada uma delas essencial para o desenvolvimento da pesquisa e sua elaboração. Pode-se comparar à elaboração de um bolo com os ingredientes e o modo de preparo. As partes em separado pouco representam ou não são adequadas, mas quando se juntam tornam a unidade mais significativa e consistente. Estas partes denominam-se de Mapas: *Mapa de Identificação*, *Mapa Teórico*, *Mapa de Campo* e *Mapa de Análise* (BIEMBENGUT, 2008). Um ‘Mapa’ entendido por Biembengut (2008) como guia para obtenção de dados, informações, pois refere-se a cada uma das representações esquemáticas (esquemas, fluxogramas, tabelas e quadros) apresentadas no decorrer do texto, a fim de representar informações importantes para a pesquisa.

⁶ Devido ao fato de que a expressão ‘Ensino Médio Integrado à Educação Profissional Técnica de Nível Médio’ ser extensa, a partir deste, utilizar-se-á a denominação Ensino Médio Integrado para referir-se ao nível de ensino dos estudantes nesta instituição de ensino.

No capítulo I, está o Mapa de Identificação e reconhecimento que apresenta a pesquisa, a contextualização do objeto de pesquisa, a relevância do estudo para a comunidade acadêmica, a delimitação das questões a serem respondidas ao longo do trabalho, alicerce dos objetivos. No complemento do Mapa se apresenta ainda o Mapeamento na Pesquisa Educacional (BIEMBENGUT, 2008), o procedimentos metodológico utilizados nesta pesquisa, por meio do qual esclarece-se como a pesquisa foi desenvolvida.

No capítulo II, expõe-se o Mapa Teórico que proporciona a fundamentação teórica da pesquisa que contempla uma revisão na literatura de conceitos e definições do tema embasador da pesquisa e fundamentais para a análise dos dados: Modelagem e Linguagem. Assim, completa-se o capítulo com uma apresentação de estudos de pesquisas acadêmicas similares e recentes relacionadas ao objeto do presente estudo.

No capítulo III, apresenta-se o Mapa de Campo que mostra o contexto utilizado para a obtenção dos dados, detalhando as formas e instrumento utilizados, bem como os dados coletados na análise documental. Conjugam levantamentos, organizações e classificações dos dados extraídos de documentos - produções registradas na forma de relatórios/artigos dos projetos de pesquisa elementar - essenciais para a realização da pesquisa.

No capítulo IV, apresenta-se o Mapa de Análise que compara o Mapa de Campo com o Mapa Teórico num processo de interpretação da linguagem presente na expressão das produções de Modelagem dos estudantes.

1 MAPA DE IDENTIFICAÇÃO

O enfoque desta pesquisa é a *Linguagem Científica* de estudantes do Ensino Médio Integrado, em especial, na expressão escrita do processo de Modelagem Matemática realizado. Segundo Biembengut (2014, 2016), é na expressão do processo de Modelagem que se permite compreender e avaliar o que foi desenvolvido da pesquisa. Esta avaliação pode ser feita tanto pelo autor da pesquisa quanto por outras pessoas que venham a tomar conhecimento dela. É por meio da expressão que os que tomam conhecimento da pesquisa, além de avaliar o feito, interessam-se por reproduzi-la ou modificá-la, ampliando o conhecimento e o entendimento do assunto/tema. Nesses termos, pode-se dizer que a divulgação científica é uma forma de tornar pública esta expressão da produção dos estudantes. Uma divulgação que pode iniciar na Educação Básica, contribuindo assim para a formação integral do estudante, principalmente na linguagem.

Nos dicionários de Língua Portuguesa, de modo geral, a linguagem é: um “meio sistemático de comunicar”; “capacidade humana para compreender e utilizar um conjunto de signos” ou “sinais convencionais fonéticos ou visuais para comunicação” e expressão dos pensamentos e sentimentos. Também, qualquer “sistema de símbolos instituídos como signos (códigos) para representar o mundo, construir uma interpretação da realidade por meio de sons, letras, cores, imagens, gestos, dentre outros”. Nestas definições, as ideias de comunicação e pensamento estão presentes e remetem ao fato de que a linguagem está relacionada a aspectos internos e externos. Dentre as expressões externas encontra-se a Linguagem Científica.

A Educação Básica, de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB n. 9.394/96), tem como finalidade principal o desenvolvimento do estudante com formação comum para o exercício da cidadania e subsídios para progressão no trabalho e em estudos posteriores (BRASIL, 1996). Dentre os subsídios, é destacada a formação integral no Ensino Médio, a qual deve propiciar ao estudante “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina” (Art. 35).

No Ensino Médio, etapa final da Educação Básica com identidade própria, assegura-se a possibilidade de ‘articular’ a Educação Profissional Técnica de Nível Médio⁷. Em relação à Educação Profissional, a LDB prevê a possibilidade de o Ensino Médio preparar o estudante

⁷ Articulação possibilitada pela Lei n. 11.741/2008.

para o exercício de profissões técnicas, conforme seu artigo 36A, “na perspectiva da formação integral do cidadão trabalhador”. Desta maneira, a formação integrada não separa a formação geral da profissional, “significa focar o trabalho como princípio educativo” (BRASIL, 2013, p. 228). Neste sentido, o Ensino Médio “deve se organizar para proporcionar ao estudante uma formação com base unitária, no sentido de um método de pensar e compreender as determinações da vida social e produtiva; que articule trabalho, ciência, tecnologia e cultura na perspectiva da emancipação humana” (p. 39).

O Ensino Médio Integrado à Educação Profissional Técnica de Nível Médio, de acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN), possibilita a integração do conhecimento teórico com a prática profissional no processo de ensino e aprendizagem. Mas, para que se alcance essa integração, os professores precisam, ao transpor saberes específicos de sua área de conhecimento e das relações com as outras áreas. Além disso necessitam adotar procedimentos metodológicos que permitam diferentes contextos, situações de vivência, aprendizagem e atuação profissional, assim como processos e métodos de ensino com avaliações que estimulem a iniciativa dos estudantes, como: atividades experimentais e de estudo e compreensão dos resultados, isto é, pesquisa. Desta proposição nas leis, um dos métodos que permitem atender este objetivo, figura-se a Modelagem Matemática, que utiliza ao longo do processo diversos tipos de linguagens.

Na formação integral do estudante de Ensino Médio, já destacavam os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que a linguagem consiste “na capacidade humana de articular significados coletivos em sistemas arbitrários de representação, que são compartilhados e que variam de acordo com as necessidades e experiências da vida em sociedade” (BRASIL, 2002, p. 25). Os Parâmetros, ao indicarem a pesquisa como princípio pedagógico, tem a pretensão de que todos os componentes curriculares colaborem para a apropriação de linguagens.

Nesse sentido, aprender matemática assim como outra Ciência deve ser um processo que deve ocorrer de maneira “contextualizada, integrada e relacionada a outros conhecimentos” (BRASIL, 2002, p. 111) de modo que propicie meios de comunicar e refletir, “capacitando-o para compreender e interpretar situações, se apropriar de linguagens específicas, argumentar, analisar e avaliar, tirar conclusões próprias, tomar decisões, generalizar e para muitas outras ações necessárias à sua formação” (p. 111). Diante destas considerações, *como tornar os estudantes proficientes em Matemática, Ciências (Naturais e Humanas) e Linguagens? E quais caminhos/métodos utilizar para isto?*

Esses são alguns dos questionamentos considerados ao se propor esta pesquisa e serviram de ponto inicial para tal. Neste sentido, o Mapa 1, a seguir, apresenta a composição

do presente capítulo. Ele situa o campo no qual esta pesquisa se insere – o Ensino Médio e as linguagens na Linguagem Científica. Este primeiro Mapa apresenta desde o tema – Modelagem e Linguagem Científica no Ensino Médio Integrado até o reconhecimento das fontes, caminhos a serem percorridos, procedimentos para a concretização da pesquisa, “e reconhecimento da origem, da natureza e das características dos dados que serão a estrutura da descrição e da explicação do fenômeno ou da questão [...]” (BIEMBENGUT, 2008, p. 79). Tem como função esclarecer o objeto de estudo e deixar identificadas as questões que se pretende pesquisar e demais pretensões da pesquisa.

Mapa 1 – Composição do Mapa de Identificação da tese.



Fonte: Elaborado pela autora.

A identificação da pesquisa está organizada em duas partes: na primeira, apresenta-se a organização, finalidades e legislação que fundamentam o Ensino Médio e a Educação Profissional Técnica de Nível Médio no Brasil e contrapõe-se com os resultados de avaliações padronizadas do referido nível. Na segunda, apresenta-se o aporte empírico adotado e os procedimentos necessários para dispor de dados e analisá-los.

1.1 A IDENTIFICAÇÃO DA PESQUISA

A Educação Profissional Técnica de Nível Médio, integrante da Educação Profissional e Tecnológica, de acordo com a LDB⁸, pode ser desenvolvida de formas: 1) articulada ao

⁸ Alteração feita pela Lei n. 11.741/2008.

Ensino Médio; 2) subsequente ao Ensino Médio. A primeira forma, em que ‘a formação profissional’ se faz presente na etapa final da Educação Básica, é desenvolvida sob a forma integrada, na mesma instituição, ou concomitante, podendo ser desenvolvida na mesma instituição ou em outra. Já a segunda, é ofertada em cursos destinados para os concluintes do Ensino Médio.

No que se refere a cursos articulados com o Ensino Médio, a Educação Profissional Técnica de Nível Médio na forma integrada, oferecida aos estudantes concluintes do Ensino Fundamental é planejada de modo a direcionar o estudante que finalizou o Ensino Fundamental à habilitação profissional técnica de nível médio em curso único. Os cursos desenvolvidos desta forma propiciam aos estudantes, habilitação técnica de nível médio ao mesmo tempo em que concluem a etapa final da Educação Básica. Devem ser organizados de modo que os componentes curriculares sejam abordados estabelecendo vínculos nítidos entre eles. Desse modo, planejamento e projeto pedagógico devem minimizar as fronteiras disciplinares. A outra forma de Educação Profissional articulada ao Ensino Médio, desenvolvida de forma concomitante, é oferecida aos ingressantes, neste nível de ensino, ou aos que já estão cursando, porém com dupla matrícula e dupla diplomação (BRASIL, 1996).

Como o Ensino Médio articulado pode ser desenvolvido de duas formas, a LDB também define princípios e objetivos curriculares gerais para elas. O Ensino Médio, conforme artigos 26 e 35, terá seu currículo constituído de base comum e parte diversificada, organizado em quatro áreas do conhecimento: Linguagens; Matemática; Ciências da Natureza; Ciências Humanas (BRASIL, 2013). Esta organização visa à contextualização, a interdisciplinaridade ou ainda outras formas de interação e articulação entre diferentes campos do saber. O curso de Educação Profissional Técnica de Nível Médio pode ser organizado por eixos tecnológicos⁹ que, de modo geral, são agrupamentos de cursos de uma mesma área do conhecimento. Esta organização fundamenta-se “na identificação das tecnologias que se encontram na base de uma dada formação profissional e dos arranjos lógicos por elas constituídos” (BRASIL, 2013, p. 44). Aos considerarem os conhecimentos tecnológicos pertinentes a cada proposta de formação profissional, estes eixos facilitam a organização de

⁹ De acordo com as Diretrizes Curriculares, um eixo tecnológico é caracterizado como a “linha central de estruturação de um curso, definida por uma matriz tecnológica, que dá a direção para o seu projeto pedagógico e que perpassa transversalmente a organização curricular do curso, dando-lhe identidade e sustentáculo” (BRASIL, 2013). Os eixos tecnológicos constam no Catálogo Nacional de Cursos Técnicos, instituído e organizado pelo Ministério da Educação ou em uma ou mais ocupações da Classificação Brasileira de Ocupações. Atualmente constam treze eixos tecnológicos: Ambiente e Saúde; Controle e Processos Industriais; Desenvolvimento Educacional e Social; Gestão e Negócios; Informação e Comunicação; Infraestrutura; Militar; Produção Alimentícia; Produção Cultural e Design; Produção Industrial; Recursos Naturais; Segurança e Turismo, Hospitalidade e Lazer.

percursos formativos, os quais propiciam possibilidades de continuação de estudos dentro do mesmo nível de ensino ou também sugerem progresso para o Ensino Superior.

De acordo com a organização curricular da Educação Profissional Técnica de Nível Médio, na forma articulada integrada com o Ensino Médio deve contemplar a base para a formação geral e a base para a preparação específica para o exercício das profissões técnicas. Para isto, dependendo do curso e do eixo tecnológico, pode ser organizada com cargas horárias mínimas de 3.000, 3.100 ou 3.200 horas, além do período destinado ao estágio profissional supervisionado e/ou trabalho final do curso. Os sistemas de ensino, em seus projetos de cursos, definem as cargas horárias, pois estas podem ser superiores ao mínimo exigido.

De acordo com as DCN, a formação integrada pressupõe planejamento de ensino efetivamente integrado, não sendo deste modo, o currículo constituído de duas ‘partes’, anteriormente, denominadas de núcleo geral e núcleo profissionalizante. “Quando integrada com o Ensino Médio, essa Educação Profissional Técnica deixa de ser, simplesmente, a parte diversificada dessa etapa de ensino, como o foi na vigência da revogada Lei n. 5.692/71.” (BRASIL, 2013, p. 237). Portanto, conteúdos matemáticos nesta forma de Curso estão muito além de um simples componente curricular e, não se limita à disciplina de matemática. A matemática faz parte de projetos contextualizados e interdisciplinares, abarcados pela pesquisa como princípio pedagógico e do trabalho como princípio educativo.

Na Educação Profissional Técnica de Nível Médio, a estrutura dos cursos de Ensino Integrado, orientada pela concepção de eixo tecnológico, deve: (i) considerar a matriz tecnológica e núcleo politécnico comum correspondente a cada eixo em que se situa o curso; (ii) propiciar a formação humana integral de forma que:

os conhecimentos e as habilidades nas áreas de Linguagens e Códigos, Ciências Humanas, Matemática e Ciências da Natureza, vinculados à Educação Básica deverão permear o currículo dos cursos técnicos de nível médio, de acordo com as especificidades dos mesmos, como elementos essenciais para a formação e o desenvolvimento profissional do cidadão (BRASIL, 2013, p. 257).

A construção dos currículos desses Cursos de Educação Profissional Técnica de Nível Médio deve ser feita com base em dois eixos-guia essenciais: o *trabalho* como princípio educativo e a *pesquisa* como princípio pedagógico, os quais são requeridos em toda a Educação Básica. Estes aspectos, além de outras normas, estão explícitos nas Diretrizes Curriculares para a Educação Básica, publicadas no ano de 2013, estabelecem a base nacional comum. De acordo com essas Diretrizes, o estudante do Ensino Médio, precisa dispor da

pesquisa como princípio pedagógico, também na disciplina de matemática. Requer um método que propicie ao estudante aprender matemática e, ao mesmo tempo, aprender a fazer pesquisa. Dentre as propostas pedagógicas, a que traz em essência esta proposta é a Modelagem na Educação – Modelação.

A Modelagem na Educação - Modelação, de acordo com Biembengut (2004, 2014), é definida como um método de ensino com pesquisa na instituição escolar, nos limites da sala de aula. Para a autora, a Modelagem na Educação como método de ensino com pesquisa propicia ao estudante estimular a capacidade de raciocínio, utilizar conceitos da linguagem matemática para descrever, explicar e prever fenômenos, por exemplo. Isto é, ser capaz de “formular, aplicar e interpretar a matemática em diferentes contextos” (INEP, 2012, p. 19). O que de acordo com o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA)¹⁰, refere-se ao ‘letramento matemático’¹¹. Letramento que “ajuda os indivíduos a reconhecer a importância da matemática no mundo, e agir de maneira consciente ao ponderar e tomar decisões necessárias a todos os cidadãos construtivos, engajados e reflexivos” (p. 19). A definição de letramento em matemática, de acordo com os propósitos do PISA, utiliza o conceito de Modelagem Matemática na Educação como processo metodológico, alicerce na avaliação desde 2003. Sendo assim, a pesquisa como princípio pedagógico pode ser alcançada, em Matemática e em outras Ciências, pela Modelagem.

Em relação aos resultados do PISA 2013, de acordo com o INEP (2012), os estudantes brasileiros necessitam aprimoramento de suas compreensões nos tópicos de Matemática, Leitura e Ciências. Para que estes estudantes do Ensino Médio possam equiparar-se aos estudantes melhores classificados no teste, nestes tópicos, e saberem expressar-se cientificamente, necessita-se propiciar a eles condições de ensino para que sejam capazes de:

conceituar, generalizar e utilizar informações com base em suas investigações e em modelagem de situações-problema complexas; [...] estabelecer ligações entre diferentes fontes de informação e representações, e de transitar entre elas com flexibilidade; [...] associar percepção e compreensão a um domínio de operações e relações matemáticas simbólicas e formais, de modo a desenvolver novas

¹⁰ Avaliação trianual realizada em 65 países que se propõe a avaliar estudantes de 15 anos e matriculados a partir do sétimo ano. Aborda múltiplos aspectos dos resultados educacionais, buscando verificar o letramento em Leitura, Matemática e Ciências. A cada edição uma destas áreas possui maior ênfase: iniciada no ano 2000, a Leitura foi o foco, em 2012, a edição teve maior ênfase a Matemática. Em 2015, o foco em Ciências, contou com a inclusão de novas áreas do conhecimento: Competência Financeira e Resolução Colaborativa de Problemas. O objetivo do Pisa com esta avaliação “é produzir indicadores que contribuam para a discussão da qualidade da Educação nos países participantes, de modo a subsidiar políticas de melhoria do ensino básico. A avaliação procura verificar até que ponto as escolas de cada país participante estão preparando seus jovens para exercer o papel de cidadãos na sociedade contemporânea” (INEP, 2012).

¹¹ O termo "letramento" pretende refletir a amplitude dos conhecimentos e competências que estão sendo avaliados. (INEP, 2012).

abordagens e estratégias para enfrentar novas situações; [...] formular e comunicar com precisão suas ações e reflexões relacionadas a constatações, interpretações e argumentos, bem como de adequá-las às situações originais (INEP, 2012, p. 19).

A Modelagem na Educação, nesta perspectiva, como método de ensino e de pesquisa, (BIEMBENGUT, 2014) pode contribuir para esse aprimoramento, pois propicia aos estudantes, perpassar por etapas semelhantes as da pesquisa científica. Modelagem, entendida por Biembengut, como “um processo de pesquisa, [...] processo envolvido na elaboração de modelo de qualquer área do conhecimento” (p. 21). Ao explicitar e expressar o processo de obtenção do modelo, faz-se o uso de vários tipos de linguagens na busca de respostas para as questão(ões) proposta(s).

De posse desses conceitos de Modelagem Matemática e Modelagem na Educação e verificando-se que o método pode ser utilizado em qualquer nível de escolaridade, a obtenção dos modelos permite a utilização de diferentes linguagens. Por isso, ela tem sido utilizada na Educação Profissional Técnica de Nível Médio, do Instituto Federal Catarinense – Campus Rio do Sul, em dois Cursos integrados. A seguir, apresenta-se um panorama de como o método tem sido utilizado na Instituição.

1.1.1 A Modelagem nos Cursos Integrados do Instituto Federal Catarinense – Campus Rio do Sul.

A Educação Profissional Técnica de Nível Médio no Instituto Federal Catarinense – Campus Rio do Sul, nos Cursos Integrado de Técnico em Agropecuária e Técnico em Agroecologia, a Modelagem na Educação destaca-se quando presencia-se a socialização de práticas na Feira escolar interna. Tais práticas escolares são resultados de atividades interdisciplinares que buscam dar aos Cursos a associação entre teoria e prática, superando a fragmentação do conhecimento e a segmentação disciplinar.

O método é adotado por parte dos professores, geralmente, aqueles que se integram a projetos ou as atividades interdisciplinares planejadas no início do período letivo e até mesmo ao longo do processo. No contexto da sala de aula, no horário destinado à disciplina de matemática, a Modelagem é utilizada como método de ensino e pesquisa¹². Ocorre quando

¹² Pesquisa aqui se refere ao sentido ‘lato’ da palavra como processo sistemático que objetiva propiciar respostas para problemática apontada, o esclarecimento de um fato ou fenômeno desconhecido ou mal conhecido, busca por conhecimento. Para Almeida Jr (2008), pesquisa é procurar por informações que se desconhece e necessita-se saber. Pode ser utilizado como “sinônimo de busca, de investigação, de indagação”, não entendida como tratamento de investigação científica.

professores reelaboram/adaptam modelos, geralmente do contexto agrícola, para o estudo de conteúdos curriculares e, ao mesmo tempo, orientam os estudantes à pesquisa, a modelar situações-problema do contexto do curso. Destaca-se que os vários modelos adaptados pelos docentes para o ensino de matemática, advêm de amostras obtidas por estudantes da instituição, em tempos idos, quando utilizaram Modelagem para resolver problemas do contexto de estudo, ou seja, quando eles aprendiam a pesquisar.

Outra forma de utilização da Modelagem na instituição ocorre na disciplina de Iniciação Científica¹³, quando os estudantes agrupados por interesse e afinidades, aprendem a pesquisar e resolvem problemas relacionados ao eixo tecnológico do curso. Nesta disciplina, a Modelagem é adotada como método de pesquisa, em que os estudantes, a partir de um tema ou questão de seu interesse encontram um modelo aplicado a uma área do conhecimento (relacionado ao curso), o qual resolve a problemática inicial. Portanto, nesta disciplina o processo de Modelagem ocorre no horário regular das aulas e também em períodos extraclasses, na forma de projeto. Desta forma, o professor da disciplina e o orientador do projeto participam da orientação à pesquisa, a qual finda com a expressão escrita do processo e dos resultados. Estas produções de Modelagem, orientadas pela autora desta pesquisa ou por colegas docentes, são elaboradas ao longo de doze a dezesseis meses e socializadas à comunidade escolar na feira interna. Elas ficam registradas na forma de relatório, artigo ou resumo expandido e arquivadas na biblioteca da instituição.

Os projetos em que a Modelagem é utilizada como método de pesquisa tem enfoque na área Agropecuária, na Instituição. São exemplos de *tema/assunto*: crescimento de frangos, produção de cebolas, plantio de cereais e de olerícolas, entre outros. Geralmente, a Modelagem Matemática expressa nas produções dá origem a modelos de analogia¹⁴. Estes modelos resultantes são representações: tabular e/ou gráfica e/ou algébrica. Sendo assim, o processo de Modelagem envolve os estudantes em diferentes contextos, portanto, em diferentes linguagens.

¹³ Disciplina da parte diversificada do currículo, ofertada nos três primeiros semestres do curso, busca propiciar ao estudante o contato (talvez o primeiro) com a pesquisa científica. A disciplina visa disponibilizar condições teórico-metodológicas básicas para que o estudante se insira no contexto da produção científico-tecnológica, entendendo que a ciência é responsável pela produção e sistematização do conhecimento, que consiste no estabelecimento das relações entre os elementos formando um todo articulado, elevando o grau de desenvolvimento do conhecimento, que é condição essencial para a construção/reconstrução conceitual e da produção tecnológica (SCHELLER, 2009, p. 48).

¹⁴ Modelos de analogia são aqueles similares a outros devido a determinado aspecto: formato da curva, por exemplo. São modelos de mesmo comportamento (função semelhante), porém origens diferentes.

Na docência de Matemática e Iniciação Científica no Ensino Médio Integrado e Formação de Professores de Matemática (modalidade também oferecida pela instituição), presencia-se neste contexto dificuldades dos estudantes no registro escrito das informações ao fazer emprego da ‘escrituração’ da linguagem falada. A escrita de produções escolares, relatórios de Estágio, de Estágio Supervisionado e de Iniciação Científica, traz consigo implicações oriundas da formação anterior, bem como traz para o desenvolvimento de compreensões posteriores, cada vez mais elaboradas e complexas. Percebe-se resistência e dificuldade dos estudantes em relação à linguagem escrita, não atribuindo a este tipo de linguagem, importância em sua formação. No incentivo à escrita mais elaborada, principalmente, nas aulas de Iniciação Científica e utilização da Modelagem em classe, vê-se pertinente o estudo da linguagem expressa na realização de Modelagem.

1.1.2 Da Linguagem à Linguagem Científica

A linguagem, de modo geral, consiste em um sistema organizado de signos utilizados na comunicação e reflexão. É a forma que permite as pessoas se expressarem e se relacionarem com o mundo. Nesta perspectiva, quem faz Modelagem utiliza ao longo do processo signos matemáticos, gráficos, linguísticos, entre outros, para representar e analisar os fenômenos numericamente tratados, portanto se relaciona com o mundo. Sendo assim, a Modelagem é um dos meios pelos quais a linguagem pode ser fortalecida na Educação Básica.

De acordo com dicionários de Língua Portuguesa, de modo geral, a linguagem é “um conjunto ou sistemas de sinais convencionais ou signos que servem para comunicação e expressão dos sentimentos e pensamentos.” As definições explicitam o sistema destacando tanto aspectos internos, o pensamento e reflexão, quanto externos, como à possibilidade de interação por meio da comunicação e expressão.

Nos dizeres de Fiorin (2007), a linguagem é um conjunto estruturado de signos que se articulam de determinada forma com vistas à comunicação¹⁵ humana. Desta forma, a matemática é uma linguagem, assim como a tecnologia, a dança, o cinema, a música, a pintura, os sistemas gestuais, a publicidade e as línguas naturais. Para Halliday (2001), a linguagem é o principal meio pelo qual as pessoas transmitem os modelos de vida, aprendem a atuar como membro de uma sociedade (dentro e por meio de diversos grupos sociais como a família, a igreja e a escola) e a adotarem sua cultura, seus modos de pensar e de atuar, suas

¹⁵ Comunicação extrapola o sentido de fazer alguém saber de algo. Também serve para: informar algo a alguém; manifestar as emoções; influenciar alguém ou algo; refletir sobre a própria linguagem; criar utopias.

crenças e seus valores. De acordo com o autor, isto não é aprendido por instrução, pelo menos nos primeiros anos de vida. Aprende-se por meio da convivência, da experiência acumulada.

A linguagem, na perspectiva de Halliday, é um dos sistemas semióticos¹⁶, que se constituem uma cultura e que se distingue também, porque atua como sistema de codificação para outros. Ela é um sistema para produzir significados. É a linguagem que medeia a ação e, ainda proporciona meios para refletir sobre esta ação, servindo de base para elaborar descrições, ideias, narrações, teorias por meio das quais as pessoas (re)elaboram o conhecimento. Halliday (2001) define a linguagem como semiótica social¹⁷, por isso a “relação da linguagem e do sistema social não é somente uma relação de expressão, mas sim uma relação dialética natural complexa em que a linguagem simboliza ativamente o sistema social” (p. 235).

De acordo com Halliday, é necessário compreender a linguagem em um ‘contexto’ sócio cultural, em que a cultura se interpreta em termos semióticos, como um sistema de informação. O principal interesse deste autor se centrou no estudo do uso social da linguagem, nas relações entre os textos e as situações em que estes textos são criados e interpretados. Significa que Halliday focou seus estudos em identificar e compreender a linguagem como processo interorgânico.

Na comunicação por meio de signos as pessoas utilizam dois tipos de linguagens: a verbal e não verbal. Para Aguiar (2004), linguagem verbal, de modo geral, é aquela que faz uso de palavras para a comunicação. Bastante utilizada, integra a língua escrita e falada (diálogo, informações tele audiovisuais, por exemplo). Já a linguagem não verbal, consiste naquela que utiliza outros meios para comunicação que não são palavras. Está representada por figuras, gráficos, imagens, gestos e movimentos (linguagem corporal), pintura, linguagem de sinais, entre outros (como exemplo: aceno de mão indicativo de adeus, uma piscadela indicativo de um flerte ou manipulação de objeto - faca - que pode representar ato agressivo). Ambos os tipos de linguagem expressam sentidos, seja por meio de sons e vocábulos, ou por meio de gestos, cores, formas ou expressões não vocais.

¹⁶ De acordo com dicionários de filosofia, Semiótica, da raiz grega *semeion*, consiste na teoria geral dos signos ou a ciência geral de todas as linguagens, subdividindo-se em uma **sintaxe**, o estudo das relações formais dos signos entre si, independentemente do que designam e significam; uma **semântica**, o estudo da relação entre os signos e a realidade a que se refere – estudo do significado (teoria das interpretações); e uma **pragmática**, o estudo dos signos em relação a seu uso concreto, quer dizer, na relação com os sujeitos que os usam (teoria da relação da linguagem com o locutor e com o ouvinte). Charles Sanders Peirce (1839-1914) e Charles W. Morris (1901-1979) destacaram-se no estudo da semiótica.

¹⁷ Semiótica Social é definida por Hodge e Kress (1988) como a ciência que analisa os signos na sociedade com pretensão de estudar as trocas das mensagens.

O domínio desses tipos de linguagens é aprimorado pelo estudante na escola, a qual tem a função de contribuir para a formação de conhecimentos científicos, uma vez que o estudante, desde os primeiros momentos, adentra no espaço escolar repleto de conceitos ditos ‘espontâneos/cotidianos’ na linguagem comum. Diferentemente da linguagem cotidiana, a Linguagem Científica apresenta características próprias, que a distingue das demais: de modo geral, ela é ‘densa’; “refere-se a linguagem utilizada pelos cientistas na expressão de suas descobertas”. A Linguagem Científica, para Pietrocola (2005) é propriedade da Ciência. Para Mortimer (1998), ela é um gênero do discurso elaborado por cientistas em suas práticas, apresentando: base estruturada e descontextualizada, ausência de narrador e linearidade, e processos nominalizados.

Os processos nominalizados ou nominalizações foram propostos por Halliday e Martin (1993) ao designarem como a principal característica da Linguagem Científica, além das metáforas gramaticais, pois este tipo de linguagem possui uma estrutura semântica e um discurso científico composto de linguagens multimodais. Isto quer dizer: fluxogramas, diagramas, esquemas, ilustrações, tabelas e gráficos. Tal linguagem não é inata e natural, requer o ensino. Portanto, conta com o contexto escolar: conhecimentos do currículo e métodos para alcançar tais conhecimentos.

Oliveira e Queiroz (2007) por meio de conceitos e exemplos de publicações na área de Química apresentam como características da Linguagem Científica: impessoalidade, clareza, concisão e continuidade. As autoras discutem também os tempos verbais utilizados nas partes do texto. Na ampliação do estudo, Oliveira e Queiroz (2012), na busca de caracterizar a Linguagem Científica além de aspectos estruturais, apontam características retóricas¹⁸ deste tipo de linguagem, as quais permitem ao estudante uma visão dos textos científicos. A saber: padronização rígida da organização textual; não reprodutibilidade das etapas de elaboração textual; ausência de subjetividade; direcionamento ao leitor/ouvinte; pressuposta existência de contra-argumentos; alternância entre a assertividade e a atenuação nas afirmações; uso de vários tipos de citações e referências bibliográficas; manipulação das citações bibliográficas; incorporação de autoridades; e uso de estratégias de auto fortalecimento. Estas características permitem, além da visão dos textos científicos, auxiliar os estudantes na elaboração de seus próprios textos.

¹⁸ Retórica é a arte de usar uma linguagem para comunicar de forma eficaz e persuasiva. Esta comunicação não está relacionada apenas à linguagem verbal oralizada.

A compreensão dos mecanismos que permitem a apropriação e o uso de linguagem com características científicas deve se dar ao longo da trajetória escolar. De acordo com Halliday (1993b), a linguagem com estas características se apresenta na vida do estudante de forma mais destacada no Ensino Médio, por meio dos conhecimentos técnicos existentes nas várias disciplinas, não apenas em matemática. Auxiliar os estudantes a se apropriarem dos modelos da Ciência é desafio ao professor: saber como propiciar espaços para aplicabilidade e modos de usos destes modelos (MORTIMER, 1998, 2010), limitados pelo tempo para atender os diferentes interesses dos muitos estudantes em curto período. De acordo com Driver et al. (1994), é por meio do discurso no contexto de tarefas relevantes que o professor pode contribuir de forma significativa para inserção dos estudantes em uma comunidade de conhecimentos. Neste sentido, supõe-se que a Modelagem na Educação, pode permitir aos estudantes o uso de diferentes linguagens no processo, tornando-os proficientes nelas, inclusive na científica. Nesta perspectiva, torna-se importante analisar as linguagens, as quais os estudantes fazem uso na expressão da Modelagem por meio da escrita, especialmente a Linguagem Científica.

Indicativos de Linguagem Científica na Modelagem reforçam o propósito da Educação Profissional Técnica: a pesquisa como princípio pedagógico. Neste cenário, a Modelagem como método de pesquisa tem oportunizado aos estudantes do Instituto Federal Catarinense, a busca por respostas a problemas do contexto escolar. Neste processo, ao expressar os resultados das produções por eles elaboradas, a linguagem verbal escrita revela características das linguagens presentes, inclusive de Linguagem Científica. Estas produções servem de base para encontrar respostas a: *como os estudantes expressam a Linguagem Científica nas produções de Modelagem Matemática? Em que medida a Modelagem Matemática contribui para o desenvolvimento da Linguagem Científica?*

Na busca de respostas para as questões apresentadas é que esta pesquisa tem por objetivo *analisar a Linguagem Científica expressa nas produções escritas de estudantes do Ensino Médio Integrado a fim de especificar em que medida a Modelagem Matemática contribui para o desenvolvimento da Linguagem Científica*. Para se chegar a este objetivo, buscar-se-á seguir o caminho, alcançando os seguintes objetivos específicos:

- compreender e explicitar as linguagens das/nas produções dos estudantes;
- identificar características indicativas de Linguagem Científica nas produções de acordo com as proposições de Halliday, M. A. K. e Martin, J. R.; e, Lemke, J. L.;
- avaliar as produções escritas de acordo com as características da linguagem científica definidas;

- verificar em que nível essas linguagens foram utilizadas;
- explicitar critérios para avaliação de Linguagem Científica na escrita das produções de Modelagem Matemática.

Isso implica em perceber, compreender e identificar a linguagem, utilizada pelos estudantes do Ensino Médio Integrado em suas produções escritas de Modelagem Matemática, assim, analisar a Linguagem Científica nestas produções, tendo como suporte teórico, os pressupostos de: (i) Linguagem: Halliday, M. A. K.¹⁹; Halliday, M. A. K. e Hassan, R.; Vygotsky, L. S.; Wells, G. (ii) Linguagem Científica: Halliday, M. A. K. e Martin, J. R., e Lemke, J. L.

1.2 MAPEAMENTO COMO PRINCÍPIO METODOLÓGICO

Para analisar a Linguagem Científica de estudantes do Ensino Médio Integrado nas produções escritas de Modelagem, necessita-se de aportes teóricos e empíricos e para isto, adota-se o Mapeamento na Pesquisa Educacional de Biembengut (2008, p. 3) como princípio metodológico de pesquisa. Este possibilita compreender a composição de um mapa, redefinir quando necessário, buscando soluções para um problema. De característica não linear, o mapeamento consiste no “processo envolvido na feitura de um mapa” (p. 8), é “[...] ao mesmo tempo, ponto de partida para a apresentação de um sistema descritivo e de um sistema interpretativo de questões educacionais” (p. 75).

O Mapeamento consiste em uma série de procedimentos que envolvem desde a identificação do *tema/assunto*, da situação-problema até a análise dos elementos envolvidos, a saber:

identificação dos entes ou dados envolvidos com o problema a ser pesquisado, para, a seguir, levantar, classificar e organizar tais dados de forma a tornarem mais aparentes as questões a serem avaliadas; reconhecer padrões, evidências, traços comuns ou peculiares, ou ainda características indicadoras de relações genéricas, tendo como referência o espaço geográfico, o tempo, a história, a cultura, os valores, as crenças e as ideias dos entes envolvidos – a análise (BIEMBENGUT, 2008, p. 74).

¹⁹ Neste Mapa não foi informado o ano de publicação das obras dos autores. A data será utilizada quando estas forem utilizadas durante o texto dos Mapas Teórico e Empírico. Destaca-se que as datas nas citações referem-se a obra consultada e não necessariamente, a primeira publicada. Utilizar-se-á de várias obras dos autores, tais como Halliday, M. A. K. e Vygotsky, L. S (já falecido). As obras de Vygotsky foram traduzidas posteriormente e publicadas no Brasil. As obras de Halliday, M. A. K.; Halliday, M. A. K. e Hassan, R.; Halliday, M. A. K. e Martin, J. R.; Lemke, J. L. e Wells, G., utilizadas nesta pesquisa foram consultadas na versão em inglês, exceto a de Wells e Halliday (2001), que se encontra traduzida para o espanhol.

Como princípio metodológico de pesquisa, o Mapeamento permite “reconhecer os mais diversos fatores que se manifestam sobre os entes pesquisados; entender um fato, uma questão dentro de um cenário, servir-se do conhecimento produzido e reordenar alguns setores deste reconhecimento” (p. 135). Assim, os procedimentos de pesquisa estão organizados em quatro etapas denominadas de Mapas: *Mapa de Identificação*, *Mapa Teórico*, *Mapa de Campo* e *Mapa de Análise* (BIEMBENGUT, 2008).

O *Mapa de Identificação* é o que se trata neste capítulo. A seguir, definem-se os outros três Mapas: o *Mapa Teórico* consiste na revisão de literatura vigente disponível dos conceitos e definições acerca do tema ou da questão-guia – Linguagem Científica - e na identificação, conhecimento e reconhecimento de produções recentes e similares a esta em relação à Linguagem e Modelagem na Educação. O *Mapa de Campo* se refere às ações de levantar, organizar e classificar os dados da pesquisa obtidos por “observação, entrevista, narrativa, questionamento e da combinação das ideias abstratas concernentes aos entes ou aos fenômenos considerados, em particular” (BIEMBENGUT, 2008, p. 101). O *Mapa de Análise* consiste na explicitação dos significados obtidos dos dados do Mapa de Campo subsidiadas pela teoria-base constante no Mapa Teórico. A seguir, descrevem-se cada uma das três etapas do mapeamento.

1.2.1 Mapa Teórico

No Mapa Teórico se busca fundamentar esta pesquisa na teoria vigente. Assim, como tema central desta pesquisa é Modelagem e Linguagem Científica, torna-se importante definir e conceituar ambos: Modelagem e Linguagem. A conceituação e a definição propiciam: esclarecer o tema; delimitar o campo de análise; auxiliar na compreensão de quais temas já foram pesquisados e como foram utilizados nas pesquisas realizadas. Por meio deste Mapa o pesquisador também tem um panorama das produções existentes, correlacionadas ao tema e suporte para a elaboração do Mapa de Análise (BIEMBENGUT, 2008).

O Mapa Teórico é composto de duas teorias-base que sustentam a pesquisa: (1) teoria base de aporte empírico; e (2) teoria base do aporte teórico. (1) Modelagem e Modelagem Matemática na Educação, aporte teórico empírico, trata dos processos envolvidos na conceituação, na definição do tema e na identificação de pesquisas que versam sobre o tema Linguagem e Modelagem na Educação e similares recentes relacionadas ao tema no Ensino. Também identificando os conceitos e as definições adotados em cada uma delas, e (2) Linguagem e Linguagem Científica, aporte teórico analítico, divide-se em duas partes: (i)

concepções e características de Linguagem, Linguagem escrita e Linguagem Científica que apoiará a análise; e (ii) identificação de pesquisas recentes que versam sobre Linguagem Científica no Ensino da Educação Básica. A fim de saber se esta pesquisa que se propõe atende ao tripé de uma tese de doutorado: ser inédita, relevante e trazer contribuição de fato.

Na primeira parte, conceitos e definições, apresenta-se teoria-base da análise e da obtenção de dados empíricos, concepções teóricas sobre:

- Modelagem e Modelagem Matemática na Educação, utilizando autores para este embasamento teórico: Bassanezi, R. C.²⁰; Biembengut, M. S. e Blum, W.;
- Linguagem, teoria-base para análise de dados, os autores são: (2a) Linguagem - Halliday, M. A. K.; Halliday, M. A. K. e Hassan, R.; Vygotsky, L. S.; Wells, G.; (2b) Linguagem Científica - Halliday, M. A. K. e Martin, J. R., e Lemke, J. L.

Com esta primeira parte do Mapa Teórico, além de verificar os conceitos e as definições adotados nas produções acadêmicas, procura-se averiguar as semelhanças e as diferenças entre estes conceitos e definições, organizando um mapa que facilite a realização da pesquisa. Na segunda parte apresentam-se produções recentes, aquelas relacionadas à Modelagem e Linguagem na Educação e Linguagem Científica na Educação Básica. O objetivo desta parte é de verificar a produção existente relativa ao tema de pesquisa e situá-la na rede das produções existentes. Além disso, contribui para justificar a importância do estudo a ser realizada e dar continuidade ao que já se produziu em outras áreas do conhecimento.

A descrição e o detalhamento completo do Mapa Teórico localizam-se no capítulo II, composto de: 2) Modelagem e Linguagem: dos conceitos às teorias; 2.1 Modelagem e Modelagem na Educação: concepções de Modelagem Matemática e Modelagem na educação; Modelagem Matemática na Educação – a Modelação; 2.2 Teoria da Linguagem; Linguagem: conceitos e definições; Linguagem para Halliday e Vygostky; Linguagem escrita e Linguagem Científica; 2.3 Produções recentes; 2.4 Considerações do Mapa Teórico.

1.2.2 Mapa de Campo

O Mapa de Campo desta pesquisa conjuga levantamento, organização e classificação de um conjunto de dados extraídos de documentos (relatórios/artigos finais das produções de Modelagem). Constituem-se fontes pertinentes e suficientes para estudos que buscam retratar

²⁰ Neste Mapa não foi informado o ano de publicação das obras destes teóricos. A data será utilizada quando estas forem utilizadas durante o texto dos Mapas Teórico e Empírico.

o fenômeno a ser investigado, “considerando pontos relevantes ou significativos e que valham como mapa para compreender os entes pesquisados” (BIEMBENGUT, 2008, p. 101). A compreensão dos entes pesquisados e expressos por meio do Mapa de Campo nesta pesquisa, deriva da descrição e identificação de dados empíricos e informações obtidas por meio de documentos – produção escrita resultantes da expressão de Modelagem.

Para essa pesquisa, os dados que compõem o capítulo III do Mapa de Campo, foram obtidos na biblioteca de Instituição Pública de Ensino do Sul do Brasil (Instituto Federal Catarinense – Campus Rio do Sul), que oferta Educação Profissional Técnica de nível médio articulada com o Ensino Médio, e também, Ensino Superior. Nesta Instituição, os estudantes do Ensino Médio Integrado (Técnico em Agropecuária e Agroecologia), na disciplina de Iniciação Científica ou atividade de pesquisa/extensão extraclasse, elaboram trabalhos de iniciação a pesquisa cujos *temas* derivam da área do conhecimento relacionada ao Curso. Ao longo de doze a dezesseis meses, os estudantes, individualmente ou em grupos de até três componentes, pesquisam sobre determinado *tema* para a obtenção de resposta ao problema proposto, expressando o processo e resultados na forma escrita. Destaca-se que neste período, na instituição, anualmente deixam-se arquivados na biblioteca/setor de pesquisa²¹ cerca de quarenta trabalhos. Todas estas produções eram convidadas a serem socializadas na Feira de Conhecimentos da Escola e parte delas se utilizava de Modelagem Matemática ou Modelagem como método de pesquisa.

Para analisar a Linguagem Científica dos estudantes, fez-se levantamento nos locais de arquivamento das produções de Iniciação Científica de Ensino Médio datadas de 2004 a 2012, registradas na forma de relatório ou artigo, reservando-se as que utilizaram Modelagem Matemática para resolução do problema. Para compor o *corpus* de análise considerou-se o período de produções recentes de acordo com Biembengut (2008), datadas de 2004 a 2012. Constituiu-se uma amostra de dez produções cuja escolha considera: (i) a representatividade no decorrer de oito anos, período expressivo de produções de Modelagem; (ii) o processo de Modelagem Matemática. Assim, por meio de uma leitura acurada, escolheu-se, inicialmente, uma por período, tendo por critério, aquela que melhor apresentava o desenvolvimento das fases da Modelagem. Para completar o total de dez produções, escolheu-se do período de amostra, mais duas que a autora da pesquisa julgou relevante considerando os critérios que

²¹ Os trabalhos são recebidos pelo professor da disciplina de Iniciação Científica ou orientador e posteriormente encaminhados à biblioteca da Instituição/setor de pesquisa onde encontram-se arquivadas. O setor de pesquisa foi implantado em 2009.

foram definidos. No Mapa de Campo, no capítulo III, estão explícitos os critérios e o modo como se procedeu a escolha das produções/documentos.

Destaca-se que estes documentos não foram considerados na íntegra no Mapa de Campo devido a extensa quantidade de informação, contudo, podem ser consultados na instituição de origem. Para a análise, julgou-se necessário reduzir as produções dos estudantes e utilizou-se de ‘fragmentos-chave’ para a elaboração da síntese de cada produção. Esta síntese, elaborada de fragmentos-chave distribuídos nas três etapas e subetapas da Modelagem, foi realizada pela autora da pesquisa, pois as produções não se encontram registradas neste modelo.

A opção por uma amostra intencional de dez documentos se deve ao fato de que, todos os fragmentos-chave (palavra a palavra) constituintes dos Mapas-guia a serem utilizados na análise, geram extensa quantidade de dados. A organização desse número de dados foi efetuada por meio de Mapas-guia que reúne informações adicionais necessárias e indispensáveis para a análise, como: (i) origem e temporalidade dos dados; (ii) característica do contexto dos estudantes, do curso e da disciplina; (iii) as motivações e as circunstâncias em que foram elaborados. Estes Mapas-guia constituem a base para a análise da Linguagem Científica dos estudantes, pois possuem representatividade das produções ao longo dos anos. Portanto, são dados representativos da linguagem utilizada pelos estudantes para se analisar a Linguagem Científica na Modelagem.

1.2.3 Mapa de Análise

No Mapa de Análise se apresenta os resultados e as compreensões que são os significados emergentes da integração dos Mapas Teórico e de Campo, indicadores de como os estudantes do Ensino Médio Integrado expressam a Linguagem Científica nas produções de Modelagem e em que medida isso ocorre. Portanto, esse Mapa objetiva descrever, compreender e prever os significados da pesquisa que foram resultados de um minucioso olhar sobre os dados contidos no Mapa de Campo, subsidiados pelos conceitos e definições oriundos do Mapa Teórico. Deste modo, conjugar os dados empíricos relativos ao Mapa de Campo com a teoria-base de aporte analítico. Isto serve para analisar a Linguagem Científica expressa nas produções escritas de estudantes do Ensino Médio Integrado a fim de especificar em que medida a Modelagem Matemática contribui para o desenvolvimento da Linguagem Científica.

Para a elaboração deste Mapa, de acordo com Biembengut (2008, p. 118), além de ter uma boa percepção é necessário “[...] saber: identificar a estrutura e os traços dos entes pesquisados, julgar o que é relevante e o respectivo grau de relevância, conjugar os dados e organizá-los de forma a delinear um Mapa, satisfazendo assim as exigências da pesquisa.” Segundo a autora, explicitar as significações dos dados da investigação, requer do pesquisador: (i) percepção e compreensão dos dados; (ii) interpretação e avaliação da linguagem, da paisagem, do contexto, das ideias; e, (iii) representação do quadro desta ação, de forma a produzir os resultados desta ação, num Mapa – o Mapa de Análise.

A partir dos conceitos e definições do Mapa Teórico, a respeito de linguagem e Linguagem Científica – Halliday, M. A. K.; Lemke, J. e Vygotsky, L. S., pretendeu-se perceber e compreender os dados empíricos do Mapa de Campo, dados que “se expõem, se integram, se interagem, devem permitir a definição de parâmetros segundo os quais os fenômenos detectados serão classificados como elementos de um sistema de explicação ou de um sistema de interpretação” (BIEMBENGUT, 2008, p. 119).

Posteriormente, ocorre a *interpretação e avaliação*, processo este em que os entes da pesquisa são integrados e os fenômenos explicitados e tornando-os mais esclarecido à luz da Ciência. No contexto da análise do mapeamento, interpretar e avaliar significa, “transformar dados e informações em conhecimento e saberes” e “determinar valor, julgar, apreciar” (BIEMBENGUT, 2008, p. 120). Decorrentes deste processo preceituam-se as categorias de análise, bem como, os critérios interpretativos de três níveis.

Os dados advindos das produções dos estudantes compõem o *corpus* de análise. A partir desses e do aporte empírico destacam-se, a seguir, quatro categorias de análise, determinadas para o estudo: (1) taxonomia técnica (terminologia específica e densidade léxica); (2) processos semântico-gramaticais (processos nominais e processos verbais); (3) representações visuais; (4) letramento matemático. Estas são conceituadas no início do Capítulo IV – Mapa de Análise, ocasião em que o processo de análise é descrito. Complementando a análise qualitativa fez-se uso de teste de associação e correlação de dados, bem como score padronizado (EP). Embora predomine uma pesquisa qualitativa, também recorreu-se a aspectos característicos de pesquisa quantitativa. Desta forma, ao inteirar-se e integrar-se os Mapas de Campo e de Análise, espera-se alcançar o objetivo geral da pesquisa: *analisar a Linguagem Científica expressa nas produções escritas de estudantes do Ensino Médio Integrado a fim de especificar em que medida a Modelagem Matemática contribui para o desenvolvimento da Linguagem Científica.*

1.2.4 Caracterização da pesquisa

Esta pesquisa composta de quatro Mapas – *Identificação, Teórico, Campo* e de *Análise* – caracteriza-se como um estudo de natureza qualitativa, que segundo Bogdan e Biklen (1994) e Alves-Mazzotti, (1998), que busca compreender detalhadamente os significados e características de situações apresentadas pelo pesquisador, o qual é o principal responsável por recolher os dados.

Trata-se de um estudo de caso (BOGDAN; BIKLEN, 1994; YIN, 2001), o qual “consiste na observação detalhada de um contexto, ou indivíduo, de uma única fonte de documentos ou de um acontecimento específico” (BOGDAN; BILKLEN, 1994, p. 89). Neste estudo se busca: perceber e compreender os fragmentos-chaves oriundos da expressão do processo de Modelagem, de dez produções finais desenvolvidos por estudantes do Ensino Médio Integrado. Com intuito de interpretar e avaliar a linguagem contida nestas produções, assim explicitando as significações da Linguagem Científica em Modelagem na forma de um Mapa.

Este estudo consiste em pesquisa documental, que segundo Guba e Lincoln (1981), Gil (2007) e Helder (2006), versam em um intenso e amplo exame de diversos materiais (documentos de linguagem verbal - a escrita) que ainda não perpassaram nenhum trabalho de análise, ou ainda que possam ser reexaminados e (re) interpretados. Também se torna apropriada em situações em que o interesse do pesquisador é estudar o problema a partir da própria expressão ou linguagem dos sujeitos envolvidos, como as formas de produção escrita (trabalhos acadêmicos, diários, cartas, entre outros) (HOSTI, 1969). No caso desta pesquisa, as produções se encontram arquivadas na biblioteca da instituição, portanto, são titulados de documentos (CELLARD, 2008).

Nos estudos de pesquisa qualitativa, Lüdke e André (2012) e Alves-Mazotti (1998) consideram documentos quaisquer materiais escritos que possam ser usados como fonte de informação. Holsti (1969) os considera como natural essa fonte de informação contextualizada (surgindo no contexto e fornecendo informações a respeito dele). De acordo com Guba e Lincoln (1981), os documentos: (i) constituem fonte estável, não reativa e rica de onde o pesquisador pode retirar evidências que fundamentam suas afirmações; tem a facilidade da consulta ser feita várias vezes. Deste modo, permitindo ao pesquisador maior acessibilidade e podem ser utilizados como única fonte de informação na pesquisa ou servir também para ratificar, validar ou complementar informações obtidas por outras técnicas de

coleta de dados. Igualmente, permitem a obtenção das informações após longos períodos ou quando a interação com as pessoas pode alterar o comportamento comprometendo os dados.

1.2.5 Resultados esperados

Espera-se que esta pesquisa sobre Linguagem Científica das produções de Modelagem contribua com o acervo de Modelagem na Educação Brasileira, em particular, e demais grupos de pesquisa de outros países. Este estudo pretende produzir novos conhecimentos, criar novas formas de compreender os fenômenos e dar a conhecer a forma como estes têm sido desenvolvidos. Ela pode ser utilizada no ensino, na perspectiva de que o pesquisador ‘mergulhe’ no campo de estudo procurando captar o fenômeno a partir das perspectivas contidas nos documentos. Sendo assim, tal estudo pode trazer importantes contribuições para a área na qual ele se insere, neste caso, a Modelagem e a Linguagem.

A Modelagem como método de pesquisa segundo Biembengut (2004, 2014, 2016), quando é utilizada por estudantes do Ensino Médio Integrado, contribui para sua aprendizagem e ainda propicia a aproximação com a pesquisa científica, preparando-o de certa forma para o Ensino Superior. Espera-se com esta pesquisa a confirmação de que a Modelagem Matemática propicia o desenvolvimento de Linguagem Científica de estudantes, identificando em que medida isso ocorre. A partir disso, sejam elaborados critérios para avaliação da Linguagem Científica na Modelagem, para futuras pesquisas. Ao mesmo tempo, espera-se a confirmação da hipótese de que a terceira fase da Modelagem é a que possui os melhores índices de Linguagem Científica, uma vez que é nessa parte que os estudantes validam o processo e podem fazê-lo com maior número de argumentações.

2 MAPA TEÓRICO – MODELAGEM E LINGUAGEM: DOS CONCEITOS ÀS TEORIAS

Neste capítulo, apresenta-se o Mapa Teórico referente à Modelagem na Educação, base para a obtenção de dados empíricos, e também, à Linguagem e Linguagem Científica, base para análise dos dados. Segundo Biembengut (2008), este Mapa implica na revisão da literatura disponível de conceitos e definições acerca de um tema e revisão de produções recentes (artigos, dissertações e teses), preferencialmente, publicadas nos últimos dez anos. A elaboração desse Mapa permite: (i) identificar e situar saberes divulgados por pesquisadores ampliando-se assim o leque de conhecimento sobre Modelagem na Educação e Linguagem; (ii) identificar, conhecer e reconhecer o que existe de pesquisas recentes sobre este tema. O Mapa Teórico propicia sustentabilidade para analisar os dados e as informações coletadas e compreendidas. Também permite conhecer melhor as questões que envolvem as ações educacionais (BIEMBENGUT, 2008).

Como se pretende analisar a Linguagem Científica de estudantes de *Ensino Médio Integrado* utilizando a Modelagem Matemática, buscou-se inteirar-se de: Modelagem Matemática e Linguagem e, Linguagem Científica na Educação Básica, consideradas relevantes para a pesquisa. Deste modo, o Mapa Teórico está dividido em três partes, identificado como:

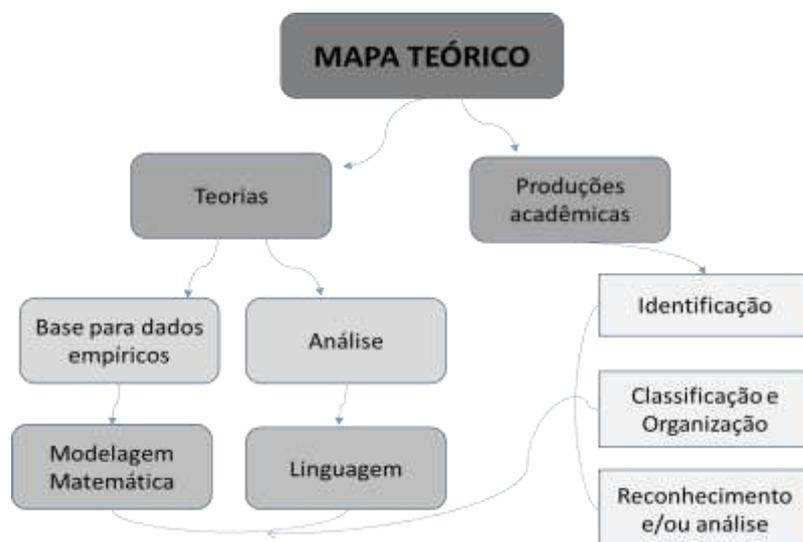
- (1ª) Modelagem na Educação: aporte teórico-empírico das produções;
- (2ª) Linguagem e Linguagem Científica: aporte teórico analítico dos dados;
- (3ª) Produções recentes: aporte indicativo para situar esta pesquisa às já existentes.

Na primeira parte, apresenta-se a teoria de base da obtenção de dados empíricos, a qual pauta-se nos construtos defendidos por Bassanezi, R. C.; Biembengut, M. S. e Blum, W. Nesta etapa são apresentados os conceitos de Modelo, Modelagem Matemática e Modelagem Matemática na Educação.

Na segunda parte, apresenta-se a teoria de análise dos dados pautada nos conceitos de: (i) Linguagem de Halliday, M. A. K.; Halliday, M. A. K. e Hassan, R.; Vygotsky, L. S. e Wells, G.; e (ii) Linguagem Científica, pauta-se em Halliday, M. A. K. e Martin, J. R.; Lemke, J. L. Estas duas etapas se fazem necessárias visto que a compreensão dos conceitos e das definições relacionados à pesquisa possibilita a identificação de quais deles foram utilizados em cada uma das pesquisas selecionadas, como também subsidia a elaboração de um outro conceito e de uma outra definição, bem como a indicação de conceitos assumidos na pesquisa que deseja realizar (BIEMBENGUT, 2008).

Na terceira parte, apresenta-se o mapeamento de pesquisas cujas produções remetem ao objeto de estudo desta pesquisa - Linguagem na Educação; Linguagem na Educação (Ensino Médio) e Modelagem Matemática e Linguagem Científica na Educação Básica, no período 2005-2014. Compôs o rol de produções: três artigos e uma dissertação. Para o levantamento das produções acadêmicas recentes existentes, teses e artigos, sobre o tema se utilizou a busca no portal de periódicos²² da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), Banco de Teses²³ (presente no portal), Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD²⁴), Anais do International Conference on the Teaching of Mathematical Modelling and Applications (ICTMA), além de repositórios de universidades e revistas da área com *Qualis* A1-B1, por meio da leitura dos resumos de cada pesquisa. Após a localização destas produções, procedeu-se com a leitura e organização de cada uma delas considerando-se os significados dos entes e confeccionando um texto sintético. Tal aporte, necessário para a pesquisa, constitui-se em um instrumento tanto para a análise superficial dos dados e a elaboração dos resultados, quanto para proporcionar domínio sobre o conhecimento existente e para situar a presente pesquisa no rol das já existentes. O Mapa Teórico finda com a apresentação de considerações relevantes do capítulo, subsídios para o Mapa de Análise.

Mapa 2 – Constituição do Mapa Teórico da pesquisa.



Fonte: Elaborado pela autora.

²² Disponível em: < <http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. A busca realizada foi considerando o assunto e em periódicos.

²³ Disponível em: <<http://bancodeteses.capes.gov.br/>>.

²⁴ Disponível em: <<http://bdtd.ibict.br/vufind/>>.

Esta etapa do Mapa Teórico trata das teorias para a obtenção de dados e para a análise: Modelagem e Modelagem Matemática na Educação. Ele contribui para que o pesquisador tenha bem esclarecidos os conceitos e as definições presentes na teoria, pois: (i) auxiliam na identificação de pesquisas que fizeram uso de tema semelhante; (ii) permitem que novos conceitos ou definições sejam elaborados; (iii) determinam qual deles embasam a pesquisa. Inicialmente, apresenta-se a teoria base para obtenção de dados empíricos - Modelagem e Modelagem na Educação, após, a teoria base para análise de dados, Linguagem.

2.1 MODELAGEM E MODELAGEM NA EDUCAÇÃO

O termo modelagem, segundo dicionário da Língua Portuguesa, pode ser entendido como a ação que objetiva elaborar modelos, um método de criar algo. De acordo com Biembengut (1997, p. 19), a modelagem é uma arte, “um processo que emerge da própria razão e participa da nossa vida como constituição e expressão do conhecimento”; “é conjunto procedimentos requeridos na elaboração de um modelo de qualquer área do conhecimento” (BIEMBENGUT, 2004, p. 17). Trata-se de um processo que contém etapas semelhantes as da pesquisa. Do processo de modelagem, próprio dos humanos, tem-se a representação de algo, o modelo.

De acordo com o dicionário, o modelo é a representação de um objeto ou de uma situação; uma interpretação simplificada de uma realidade. Desse modo, tem-se: o modelo de caça, o modelo de família (agrupamentos), o modelo de obtenção de alimentos, um modelo de comunicação e expressão, entre outros. Sendo assim, um modelo é um signo, quer dizer, um conjunto de signos utilizado na representação de fenômeno, uma informação, uma ideia que estimula a criar, interpretar ou idealizar algo. São exemplos de representação: fotografia, desenho, tabela, gráfico, gabarito, mapa, dentre outros. Para Biembengut (2004, p. 17),

Nenhum modelo ou forma de representar é casual ou rudimentar. É, antes, a expressão das percepções da realidade, do desejo, da aplicação, da representação. A representação ou reprodução de alguma coisa – modelo requer uma série de procedimentos que passam pela observação cuidadosa da situação ou fenômeno a ser modelado, pela interpretação da experiência realizada, pela captação do significado do que produz.

Bassanezi (2006) destaca dois tipos de modelos: modelo objeto (representação pictórica, conceitual ou simbólica) e modelo teórico. Na matemática, um modelo é “um conjunto de símbolos e relações matemáticas que representam de alguma forma o objeto estudado” (p. 20). A representação pode se dar por meio de esquema, desenho, projeto, mapa,

gráfico, fórmula matemática, tabela, dentre outras formas (BIEMBENGUT, 2004; BASSANEZI, 2006). Ao se reportar à teoria de Vygostky (1996), estas representações podem ser classificadas como instrumentos psicológicos²⁵. Dessa forma, um modelo é a representação de um instrumento psicológico, utilizado durante a interação no espaço escolar.

Os modelos presentes nos contextos educacional ou diário, utilizados para resolver situações-problema da realidade, fazem parte da vida das pessoas. Para Niss, Blum e Galbraith (2007, p. 8) “o propósito genérico de construir e utilizar um modelo é entender e resolver problemas em algum segmento do mundo real”. A presença dos modelos e da modelagem contribui para o avanço científico.

Nesta parte do Mapa Teórico fazem-se considerações sobre Modelagem, Modelagem Matemática e Modelagem na Educação, teoria para obtenção de dados empíricos. Para isto pauta-se nos construtos defendidos por Bassanezi, R. C.; Biembengut, M. S. e Blum, W.

2.1.1 Concepções de Modelagem Matemática e Modelagem na Educação

As definições de Modelagem Matemática são diversas e cada autor procura, no espaço acadêmico, deixar registros e exemplos de sua definição, a saber: para Blum (1995), a Modelagem Matemática é um processo de construção de modelos que transforma uma situação real em uma situação matemática. Em sentido semelhante e ampliado, Biembengut (1990) e Bassanezi (2006, p. 16) compreendem a Modelagem Matemática como a “arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e de resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real” (a linguagem do ambiente em que ele ocorre). É um método em que se estuda o problema para resolvê-lo, utilizando para isto, dentre vários tipos de linguagem, a linguagem matemática. Trata-se de “um processo dinâmico utilizado para obtenção e validação dos modelos matemáticos. É uma forma de abstração e generalização com a finalidade de previsão de tendências” (BASSANEZI, 2006, p. 24).

Para esse teórico, o processo de Modelagem Matemática é um processo em que o pesquisador trabalha com a perspectiva de teoria e prática. Ele interage com o contexto real em que se situa o problema e procura entender este contexto, podendo ter como consequência a ação sobre ela visando transformações, se necessário. “Modelagem é eficiente a partir do momento que nos conscientizamos que estamos sempre trabalhando com aproximações da realidade, ou seja, que estarmos sempre elaborando sobre representações de um sistema ou

²⁵ Vygotsky (1996) incluía os sistemas de símbolos algébricos [...] esquemas, diagramas, mapas e desenhos mecânicos em seus exemplos de instrumentos psicológicos.

parte dele” (BASSANEZI, 2006, p. 24). Nesse sentido, ele defende que Modelagem Matemática se torna também um método científico que ajuda a preparar a pessoa para assumir o papel de cidadão no espaço em que vive.

O termo Modelagem Matemática pode significar ainda, na perspectiva de Blum (1993), processo de resolução de problemas aplicados ou qualquer forma de conectar o mundo real com a matemática. Na mesma perspectiva, Biembengut (1997) considera que a Modelagem Matemática, ao integrar matemática e realidade, traduz a linguagem do mundo real para a linguagem do mundo matemático, ou seja, relacionar dois domínios ou mundos distintos, dois espaços que fazem uso de diferentes linguagens.

Modelagem matemática é um método para solucionar alguma situação-problema ou para compreender um fenômeno utilizando-se de alguma teoria matemática. Consiste em dispor os dados de um fenômeno ou da questão investigada em sintonia com alguma estrutura matemática que possibilite representá-los e, principalmente, possibilitar uma descrição, uma resposta ou solução plausível, uma previsão (BIEMBENGUT, 2014, p. 18).

A Modelagem (Matemática) é categorizada por Biembengut (2014) em: 1) Modelagem Física; 2) Modelagem Simbólica. A primeira, Modelagem Física, constituiu-se em um processo referente “a expressão, a reprodução e/ou a descrição de um conjunto de dados, de imagem ou um ente físico” (p. 22). O resultado do processo é um *modelo de escala* como um desenho ou *modelo de analogia* como uma representação gráfica e/ou algébrica. Na segunda categoria, Modelagem Simbólica, refere-se à expressão abstrata de um conjunto de dados, ou seja, constitui em um “processo envolvido na compreensão e na análise desse conjunto de dados de um ente físico (produto ou processo), da natureza ou do ambiente social” (p. 22). O modelo resultante requer uma teoria matemática ou de áreas envolvidas e pode ser um modelo teórico ou um modelo filosófico.

Segundo Biembengut (2004, 2014), os procedimentos ou etapas para modelar uma situação problema são similares aos de uma pesquisa científica. Esta comparação se deve ao fato que o processo em perceber o contexto, compreender e explicar o problema por meio de uma linguagem ou sistemas de símbolos, a seguir, descrever ou representar externamente o modelo, é semelhante às fases dos processos mentais que se realiza para construir o percebido. Eis as etapas propostas por Biembengut (2014, p. 22):

1º) reconhecimento da situação-problema → delimitação do problema; 2º) familiarização com o assunto a ser modelado → referencial teórico; 3º) formulação do problema → hipótese; 4º) formulação de um modelo matemático → desenvolvimento; 5º) resolução do problema a partir do modelo → aplicação e interpretação da solução; 6º) validação do modelo → avaliação.

Estes procedimentos/etapas da Modelagem foram mais bem estruturados por Biembengut (2014), quando incluiu duas novas etapas e, apropriando as denominações das fases do processo cognitivo de Kant (1724-1800), agrupou-as em três fases, a saber:

- 1ª fase - *Percepção e apreensão*: nesta fase ocorre o reconhecimento e delimitação do problema; e a familiarização com o assunto a ser modelado, que consistirá posteriormente num referencial teórico;
- 2ª fase - *Compreensão e explicitação*: depois de realizada a inteiração com o tema, faz-se a formulação do problema, elaboram-se questões e apontam-se hipóteses; posteriormente realiza-se a formulação do modelo e a resolução do problema a partir do mesmo;
- 3ª fase - *Significação e expressão*: é feita a interpretação da solução encontrada. Consiste numa avaliação do modelo procurando verificar se o modelo é ou não válido, assim como a expressão do processo e do resultado.

A *percepção e apreensão* consistem na etapa inicial do processo. A percepção é um processo complexo que compreende, a partir das vias sensoriais, em receber e identificar informações provenientes do próprio corpo ou do meio que o circunda e classificá-las. Está relacionada à capacidade de captar ideias, selecionar as que se destacaram, também relacioná-las com o conhecimento que já se dispõe e com aquele que já possui de experiências anteriores. Com apoio da visão e da audição, o pesquisador deve perceber o contexto em que o tema/interesse/assunto está inserido (reconhecimento e delimitação da situação problema) e apreender o maior número de informações e dados disponíveis (reconhecimento do tema e familiarização do assunto) (BIEMBENGUT, 2014). Esta percepção e apreensão dependem da atenção, a qual pode despertar novas relações ou processos mentais (SCHELLER; BONOTTO; BIEMBENGUT, 2015).

Esta fase é importante e necessária, pois o trabalho com Modelagem inicia quando se busca compreender uma situação problema, a qual não há dados suficientes a princípio para a solução. Desta maneira, é necessário simplificar e estruturar a situação, tornando-a mais breve, levando em consideração o conhecimento do tema, o objetivo e o interesse de quem resolve o problema. Isto sugere que devam ser coletados dados reais, por meio de fontes diretas ou indiretas, para obtenção de mais informações sobre a situação-problema a ser resolvida por meio da elaboração de um modelo. A familiarização com o assunto permite ao pesquisador, a partir do que se percebeu, identificar um panorama geral da produção bibliográfica existente e a descrição de dados obtidos referentes ao tema. Esta subetapa pode

ser efetuada por meio de entrevistas a especialistas ou consultas em materiais bibliográficos (BIEMBENGUT, 2014).

A *compreensão e explicitação* estão como segunda fase do processo de Modelagem. Biembengut (2016) destaca que compreender é expressar de forma intuitiva uma sensação. Trata-se de um processo no qual a mente explica, relaciona, deduz o que percebeu, traduzindo ou representando por meio de símbolos/modelos.

Para Biembengut (2014, p. 24), nesta fase, “baseada em uma *compreensão* criteriosa da situação-problema ou fenômeno, buscamos propor um sistema conceitual, a fim de *explicitar* os dados”. Esta fase desafiadora, geralmente, é que exige maior tempo para realização. Formular o problema, estabelecer o modelo e resolver o problema a partir do modelo requer do pesquisador tomada de decisão no processo de: selecionar as informações/dados que dispõe ou que foram coletados empiricamente, filtrar aquilo que foi percebido e que possa contribuir para a resolução do problema, processá-las com cuidado a fim de verificar o que, realmente, interessa para que possa, então, realizar as relações a respeito do tema que pesquisa ou problema que responde.

Após analisada a situação-problema e estabelecidas relações com informações/dados existentes, se necessita “descrever estas relações em termos matemáticos – modelo” (p. 24), isto é, propor um sistema conceitual. Esta se constitui a etapa da explicitação do modelo, ou seja, apresentar um “conjunto de expressões aritméticas e/ou algébricas, representações gráficas ou geométricas” (p. 24). As ‘fórmulas algébricas’, figuras, esquemas, tabelas, quadros, entre outros, permitem ao pesquisador realizar deduções a respeito da questão investigada, resolvendo-a.

Na *significação e expressão*, Biembengut (2014, 2016) esclarece que o pesquisador realiza uma interpretação da solução, ou seja, realiza uma avaliação do modelo procurando analisar se é válido ou não. Para a autora, “o modelo será considerado válido se expressar a situação-problema, fenômeno ou ente modelado e assim, permitir entender, prever, influenciar, saber e agir sobre esse ente” (BIEMBENGUT, 2016, p. 109). Se o modelo não satisfizer as pretensões iniciais estabelecidas, ele pode ser modificado para aproveitar melhor os dados disponíveis ou quando não responde ao problema. Basta retomar a segunda fase e sugerir novas hipóteses e variáveis.

Biembengut (2009, 2014, 2016), Bassanezi (2006), Blum (1993) e Niss, Blum e Galbrith (2007), destacam que o modelo precisa ser interpretado em relação ao contexto original do problema que o gerou no mundo real. Para isto, deve-se validar o modelo,

verificando a compatibilidade com a informação dada/obtida no problema original. Ele deve ser avaliado, checando se a solução é adequada e útil para a finalidade a que foi proposto.

A significação e expressão ocorrem após as percepções ou informações serem compreendidas e explicadas tendo com resultado a representação destas em termos de modelo(s). Durante esse processo a mente estabelece uma série de relações entre as informações que percebeu e apreendeu na primeira fase, e a situação-problema/questão que deseja responder, utilizando ações como selecionar, prever, relacionar, entender, entre outros.

A expressão do processo de Modelagem se configura como um momento de socialização oral e escrita da atividade realizada. Consiste em uma oportunidade de torna-la pública, de expor a crítica o que foi oportunizado realizar. A expressão possibilita que a escrita seja exercitada e a oralidade melhor desenvolvida nos momentos de socialização, contribuindo assim para ampliação de rede semântica dos modeladores. Niss, Blum e Galbraith (2007) afirmam a experiência de Modelagem pode ser publicada ou comunicada aos interessados quando a solução para o problema original é obtida e considerada relevante.

Mapa 3 - Movimentos entre as fases da Modelagem, segundo Biembengut (2014).



Fonte: Biembengut (2014, p. 23).

Biembengut (2014, p. 25) salienta que há um movimento entre as fases da Modelagem descritas (Mapa 3) e que elas “não são disjuntas”. Nesse movimento constante de retomada das etapas anteriores, para melhor entendimento ou reinício do processo, o pesquisador desenvolve habilidades cognitivas. O processo se torna imprescindível para o aprimoramento

dos conceitos e também para o aprimoramento das ações do pesquisador. Nestas três fases, o modelador pode utilizar tanto para a realização de uma pesquisa, quanto para ensinar a pesquisar e aprender conceitos.

Nesta pesquisa, mediante a explicitação e compreensão de vários conceitos e definições de Modelagem Matemática identificados no Mapa Teórico, adota-se então a concepção de Modelagem de Biembengut (2004, 2014), uma vez que não é possível nem viável a adoção de várias concepções simultaneamente, pois cada concepção tem modos particulares no processo. Outro fator para a adoção é que ela ilustra, além disso, o processo percorrido pelos estudantes do Ensino Médio Integrado quando da elaboração das produções, as quais constituem os dados para esta tese. No Mapa 4, apresentam-se as concepções de Modelagem e as fases da Modelagem definidas por Bassanezi (2006), Blum (1993) e Biembengut (2014).

Mapa 4 – Concepções e fases de processo de Modelagem.

Autor	Bassanezi	Blum	Biembengut
Concepção	Arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e de resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real	Processo de construção de modelos oriundos de situação real ou processo de resolução de problemas aplicados ou qualquer forma de conectar o mundo real com a matemática.	Processo envolvido na elaboração de modelo de qualquer área do conhecimento. Processo de pesquisa.
Fases	Experimentação	Situação Problema/ coleta de dados	Percepção e Apreensão
	Abstração e Resolução	Elaboração do Modelo Matemático e Resolução do problema	Compreensão e Explicitação
	Validação e Modificação	Validação	Significação e Expressão

Fonte: Elaborado pela autora.

2.1.2 Modelagem Matemática na Educação – a Modelação

O processo de Modelagem pode extrapolar o foco de aplicações da matemática e ser utilizado no ensino, na Educação Matemática. De acordo com Biembengut (2014, p. 26),

Como a modelagem está na raiz do processo criativo e perpassa o caminho da pesquisa, nas últimas décadas, em diversos países, é crescente a defesa deste método na educação de matemática, em particular, da Educação formal, cujos processos de ensino e aprendizagem são realizados nas escolas que têm locais apropriados, por períodos e currículos definidos e pessoas preparadas para este fim. Preocupações do *que, como, quanto e para que* ensinar matemática, têm contribuído para o fortalecimento de pesquisas na área de Educação Matemática.

As concepções de Modelagem Matemática no âmbito educacional são distintas. A tendência de Modelagem no ensino é entendida como toda ação e prática de modelagem por professores, baseadas no conhecimento e na interpretação que eles mostram em seus trabalhos desta natureza a partir da concepção que eles têm (BIEMBENGUT, 2009).

Biembengut (2009) apresenta um sistema de classificação de concepções de Modelagem Matemática na Educação, baseada na análise de uma amostra de produções publicadas em Anais e eventos nacionais (2003-2010). As concepções que emergiram no estudo foram três: método ou estratégia de ensino, alternativa pedagógica e ambiente de aprendizagem.

- Na primeira concepção, *método ou estratégia*, o foco é o ensino de matemática com pesquisa. De acordo com esta concepção, o estudante é instigado a levantar questões e dados sobre o tema/assunto, formular hipóteses e posteriormente formular um modelo matemático, e na etapa final, solucionar as questões levantadas a partir do modelo, avaliando-o em seguida. “Os procedimentos envolvidos na Modelagem devem permitir ao estudante aprender matemática a partir de assuntos de outras áreas e, ao mesmo tempo, aprender a fazer pesquisa”. (BIEMBENGUT, 2009, p. 10);
- Na concepção de Modelagem Matemática como *alternativa pedagógica*, o objetivo central é “a aprendizagem matemática do estudante” (p. 10). De acordo com esta concepção, a Modelagem se constitui em um meio motivador para propiciar ao estudante condições para a aprendizagem de matemática a partir de assuntos/ temas da realidade dele;
- Na terceira concepção – *ambiente de aprendizagem* – o enfoque se torna a questão social. O processo prima “por mostrar a matemática como ‘meio’ para refletir, discutir e analisar questões sociais” (p. 10).

As concepções de Bassanezi (2006) e Biembengut (2014) se enquadram no primeiro enfoque, cujo objetivo é ensino e pesquisa. Na visão de Bassanezi (2006, p. 38), “a modelagem no ensino significa apenas uma estratégia de aprendizagem, em que o mais importante não é chegar imediatamente a um modelo bem sucedido, mas, caminhar seguindo etapas ao qual o conteúdo matemático vai sendo sistematizado e aplicado.” Esta é a concepção de Modelagem que Bassanezi denomina de *estratégia de ensino e aprendizagem*. Neste sentido, ao ser utilizada nos espaços escolares para o ensino e aprendizagem de matemática, também em cursos regulares ou não, a Modelagem na Educação recebe o nome de *Modelação Matemática*.

A Modelação Matemática, para Bassanezi (2006), utiliza método semelhante ao da Iniciação Científica²⁶ com o direcionamento para o ensino de matemática relacionada ao contexto real do estudante (aplicações da matemática à realidade). “Em se tratando de conceitos matemáticos, a Iniciação Científica pode ser o primeiro passo para o estudante tomar contato com a Modelagem” (p. 287). Os estudos de Bassanezi também sugerem, que na Educação, a Modelagem como uma disciplina nos programas de formação de professores, tanto na formação inicial como na continuada (cursos de aperfeiçoamento, reciclagem ou capacitação).

Biembengut (2004, 2014), ao discutir a Modelagem na Educação denominada Modelação²⁷, defende que seu processo perfaz etapas semelhantes às da pesquisa científica. “Como é essencialmente um método de pesquisa, [...] a modelagem matemática pode tornar-se caminho para despertar o interesse do estudante por assuntos de matemática e, também, de alguma área da ciência que ainda desconhece, ao mesmo tempo, em que aprende a arte de modelar” (BIEMBENGUT, 2014, p. 28). Neste sentido, a autora afirma que ela é um processo de pesquisa, meio pelo qual os estudantes podem estudar/aprender matemática e aprender a pesquisar. Devido a este motivo, a Modelagem na Educação formal tem sido defendida como processo ou método de ensino e pesquisa, em qualquer fase de escolaridade. A este método, denomina de Modelagem na Educação, uma vez que os objetivos de quem faz Modelagem Matemática são diferentes dos de quem a utiliza como método *ensino* de matemática e método de *pesquisa*.

De acordo com Biembengut (2014, p. 41), a Modelagem na Educação pode ser utilizada em qualquer nível de ensino, tanto para ensino como na pesquisa:

- No *ensino*, “permite desenvolver o conteúdo curricular e, ao mesmo tempo, apresentar o processo de modelagem”. Isto é, o ensino de algum conteúdo do programa curricular da disciplina (e não curricular) pode ser feito a partir de “reelaboração de modelos matemáticos aplicados em alguma área do conhecimento” (p. 30) e ao vivenciar este processo, apresenta-se o método ao estudante;

²⁶ Para Bassanezi (2006, p. 38), a “Iniciação Científica é o processo intermediário entre a pesquisa e o ensino, pois preconiza a recriação de modelos baseados ou não em outros incorporados à realidades, o que constitui o ponto central dos sistemas educativos”. “É um processo de aprendizagem construtiva de algum conceito ou teoria supervisionado por um orientador.”

²⁷ Nesta tese utiliza-se a denominação de Modelagem na Educação e não o termo Modelação.

- Na *pesquisa*, orienta-se o estudante a modelar, isto é, apresenta-se aos estudantes o processo envolvido na modelagem. Quando este for o foco, a Modelagem na Educação

[...] oportuniza a cada estudante: entender uma situação e seu respectivo *contexto*; conhecer *as linguagens* envolvidas, incluídas as da matemática e/ou de ciências, que lhes permita descrever, representar, resolver uma situação; e interpretar/validar o resultado dentro desse contexto – *aprender a arte de modelar, a pesquisar*. Permite ainda propiciar ao estudante o gosto e o interesse por alguma área do conhecimento, ao perceber que esses conteúdos então apreendidos lhes valem como fundamentos ou mesmo ‘meios’ importantes (BIEMBENGUT, 2016, p. 178).

[...] a modelação pode proporcionar ao estudante valores culturais e alguns princípios gerais concernentes ao papel desempenhado por eles, pessoas responsáveis pela realidade que os cerca (BIEMBENGUT, 2014, p. 62).

Na Modelagem na Educação, quando se pretende o ensino da matemática, o tema deve ser único para uma turma a fim de facilitar o desenvolvimento do conteúdo curricular, pois ele não necessita ocorrer na segunda abordagem. Deste modo, os estudantes podem aprender a pesquisar reunindo-se em grupos de acordo com interesses e/ou afinidades. O professor, neste caso, será o mediador, o orientador dos estudantes no processo de aprendizagem. (BIEMBENGUT, 2014). Em qualquer uma das frentes, o tema a partir de dados, possibilita estabelecer a questão-problema, a qual permite chegar a: (i) um modelo matemático de escala, analogia ou simbólico; (ii) ou um modelo matemático aplicado a alguma área do conhecimento que possa ser mostrado passo a passo (BIEMBENGUT, 1990; 1997; 2004; 2014; 2016).

Nesse processo, o professor ao fazer Modelagem na Educação (seja para desenvolver o conteúdo programático e, paralelamente, apresentar o processo da Modelagem, seja para ensinar os estudantes a modelarem (pesquisar)) pode “contribuir para melhor formação dos estudantes. Isso porque o ensino de matemática deixa de ser mera transmissão de técnicas de resolução e passa a ser apresentada, também, como base ou estrutura de outra área do conhecimento” (BIEMBENGUT, 2014, p. 62). O propósito em se utilizar o método é maior do que apenas ensinar determinados conteúdos curriculares ou de mostrar a aplicabilidade deles. Essencialmente, consiste em levar os estudantes, de qualquer fase de escolaridade, a pesquisar algo relacionado a sua realidade, do seu interesse ou curiosidade. Mediar o processo de modo a construir conhecimento além do matemático, assim como a reconhecer valores e concepções dos antepassados, a valorizar competências das culturas sociais e a apreender o verdadeiro significado de pesquisar.

2.2 TEORIA DE LINGUAGEM

Nesta parte do Mapa Teórico são feitas considerações sobre linguagem com definições dela, sua relação com o pensamento, bem como aporte sobre linguagem escrita e Linguagem Científica e suas características com base nas ideias dos seguintes autores: (i) Linguagem - Halliday, M. A. K.; Halliday, M. A. K. e Hassan, R.; Vygotsky, L. S.; Wells, G.; (ii) Linguagem Científica - Halliday, M. A. K. e Martin J. R.; Lemke, J. L.

Nesta tese, sobre linguagem utiliza-se das contribuições de Vygotsky²⁸, L. S. e Halliday²⁹, M. A. K. A ordem segue o período em que foi a primeira publicação. No texto, a seguir, aparece a data da reedição utilizada. Na sequência das contribuições sobre linguagem destes dois autores, apresentam-se considerações sobre a linguagem escrita e a Linguagem Científica e os processos para analisá-las - foco do presente trabalho. A ênfase refere-se à adoção dos pressupostos destes pesquisadores no desenvolvimento desta pesquisa para a análise da produção escrita dos estudantes na expressão final da Modelagem.

2.2.1 Linguagem – conceitos e definições

De acordo com dicionários³⁰ da Língua Portuguesa, linguagem é a: (1) “faculdade de expressão audível e articulada do homem, produzida pela ação da língua e dos órgãos vocais próximos; fala”; (2) “conjunto de sinais falados, escritos ou gesticulados de que se serve o homem para exprimir suas compreensões e sensações”; (3) “sistema por meio do qual o homem comunica as suas ideias e sentimentos, seja por meio da fala, escrita ou de outros signos convencionais;” (4) “faculdade que tem os homens de comunicarem-se uns com os outros, exprimindo seus sentimentos e pensamentos por meio de vocábulos ou sinais, que se transcrevem quando necessário”; (5) “o que as coisas significam”; (6) “qualquer sistema de comunicação entre pessoas por meio de signos convencionais, falados ou escritos”. Nestas

²⁸ Lev Semenovich Vygotsky (1896-1934), psicólogo russo, nasceu em Orsha, Bielorrússia, em 17 de novembro de 1896 e morreu de tuberculose em 11 de junho de 1934. Deixou-nos a teoria do desenvolvimento em uma abordagem histórico cultural defendendo a interação social como importante para o desenvolvimento do ser humano. O ponto central de sua teoria consiste na noção de que o desenvolvimento das crianças acontece devido às interações sociais e condições de vida (cultura). Por isso sua teoria é denominada de sócio interacionista.

²⁹ O linguista Michael Alexander Kirkwood Halliday, australiano de origem britânica, nasceu em 13 de abril de 1925. Aluno do linguista britânico John Rupert Firth, desenvolveu amplamente as ideias do mestre em uma direção própria. Ele é a principal referência da Teoria Sistêmico-funcional.

³⁰ Dicionários da Língua Portuguesa consultados: Michaelis (2008), Priberam (2015).

definições o aspecto social da linguagem se destaca em relação ao processo de reflexão, de pensamento.

Na concepção presente no dicionário de filosofia de Japiassú e Marcondes (2001, p. 119-120), a linguagem, derivada do latim *língua*, é um

[...] **sistema de signos convencionais que pretende representar a realidade e que é usado na comunicação humana.** Distinguem-se, em algumas teorias, a língua empírica, concreta (por ex., o português, o inglês etc.) da linguagem como estrutura lógica, formal e abstrata, subjacente a todas as línguas. [...] A linguagem torna-se um conceito filosoficamente importante sobretudo na medida em que, a partir do pensamento moderno, passa-se a considerá-la **como elemento estruturador da relação do homem com o real.** A partir daí afirma-se mesmo a natureza intrinsecamente linguística do pensamento, discussão essa que permanece em aberto ainda hoje na filosofia. (Grifo nosso)

No dicionário de filosofia de Abbagnano (2007, p. 615), linguagem do latim *sermo*, refere-se ao “uso de signos intersubjetivos que são os que possibilitam a comunicação. Por uso entende-se: a) possibilidade de escolha dos signos (dicionário); b) possibilidade de combinação de tais signos de maneiras limitadas e repetíveis (estruturas sintáticas)”. A linguagem equivalia à estrutura inteligível da realidade.

Como abordagem histórico-cultural do desenvolvimento, Vygotsky (1996) considerou a linguagem como meio complexo que viabiliza a comunicação entre as pessoas e possibilita o desenvolvimento do pensamento. Na interação social, a linguagem é o sistema simbólico fundamental da mediação entre as pessoas e entre elas e o meio. De acordo com Oliveira (1995, p. 27), além da mediação, a linguagem “simplifica e generaliza a experiência, ordenando os fatos do mundo em conceitos, cujo significado é compartilhado pelos homens que, enquanto coletividade, utilizam a mesma língua”.

Para o teórico, a linguagem age no processo de mediação e interação entre as pessoas e entre ela e o espaço em que vive, onde se apresenta e (re)constrói o seu conhecimento social, cultural e, historicamente, acumulado. Dela decorre um processo interno de pensamento em constante modificação e ressignificação. Nesta perspectiva, a linguagem é adquirida e desenvolvida nas relações interpessoais, por meio de participação em práticas comunicativas específicas, com propósitos definidos; na interação e na (re)construção conjunta de significados em contextos variados em contínuo desenvolvimento e aprimoramento (VYGOTSKY, 1991; 1996).

Para Vygotsky, a linguagem é uma ferramenta mediadora das atividades sociais e das atividades mentais associadas à fala interna. Ele interessou-se em compreender o efeito do uso desta ferramentas na relação entre o ser humano e o meio e, em particular, o efeito dos signos

como instrumentos³¹ psicológicos para mediar à atividade mental. De acordo com Wells (2001), Vygotsky considerava que a relação das pessoas com o meio é mediada por instrumentos e signos, e este fato contribuiu para que concepção de linguagem dele se tornasse conhecida como instrumento semiótico. A atenção dada aos aspectos internos da linguagem fez com que os estudos de Vygotsky pouco visassem o entendimento da relação entre linguagem e cultura, sobre a linguagem na mediação semiótica (WELLS, 2001).

Para Bakhtin³² (2002), a linguagem só tem existência nos diálogos. É entendida como um processo constante de interação entre as pessoas, mediada pelo diálogo, não se resumindo apenas a um sistema autônomo de comunicação. Ela se constitui em um fenômeno histórico e social e, por meio dela, durante as interações sociais as pessoas dão sentido aos textos. O estabelecimento de interações promove a formação da consciência, que por sua vez, resultam construções sobre a realidade no interior do pensamento. Diante disso, o autor afirma que a pessoa vai se constituindo como ser histórico e social. Portanto, para Bakhtin, sem linguagem o ser humano não é social, nem histórico, nem cultural.

As teorias de linguagem de Vygotsky e Bakhtin, por conseguinte, apresentam semelhanças; enfatizam a interação entre as pessoas e o meio, sendo ela também essencial para o desenvolvimento de processos mentais, por exemplo, a reflexão e a consciência. Neste sentido, destacam que a linguagem é um sistema para a comunicação e o pensamento.

Maturana³³ (2002) compreende a linguagem como uma forma especial e sofisticada de interação e comunicação entre dois organismos vivos; um fenômeno biológico, que consiste em “um operar recorrente, em coordenações de coordenações consensuais de ações” (p. 20). Significa que a linguagem está relacionada à comunicação, mas não com qualquer comunicação, apenas com comunicação consensual que ocorre na maioria das vezes impulsionada pela necessidade ou interesse.

Para Maturana e Varela³⁴ (2002), a principal característica da linguagem é a de modificar “os domínios comportamentais humano, possibilitando novos fenômenos, como a reflexão e a consciência” (p. 233). Segundo os autores, a linguagem permite assim, a quem

³¹ Instrumento é tudo aquilo que serve para auxiliar ou realizar um tipo de tarefa. “A função do instrumento é servir como um condutor da influência humana sobre o objeto da atividade; ele é orientado externamente; deve necessariamente levar a mudanças nos objetos. Constitui um meio pelo qual a atividade humana externa é dirigida para o controle e domínio da natureza.” (VYGOTSKY, 1996, p. 72).

³² Mikhail Bakhtin (1895-1975), linguista e pensador russo, é considerado um filósofo da linguagem.

³³ Humberto R. Maturana (1928-), biólogo chileno, estudou também medicina. Defende que a linguagem se fundamenta nas emoções e é a base para a convivência humana.

³⁴ Francisco J. Varela (1946-2001), biólogo e filósofo chileno. Maturana e Varela desenvolveram uma teoria biológica para explicar o conhecimento humano.

fizer seu uso, descrever a si mesmo e o ambiente ao seu redor. Seu papel seria o de gerar regularidades próprias do acoplamento estrutural social e construir a dinâmica recursiva do acoplamento socioestrutural (reflexividade, criatividade, reconstrução). Quer dizer, nas relações cíclicas que ocorrem entre o organismo e o meio, o primeiro se sente influenciado pelo segundo e muda (sofre alterações), mudado responde provocando também modificação no meio que o influenciou (SCHELLER; BONOTTO; RAMOS, 2016, p. 379).

Vygostsky (1991, 1996), Bakhtin (2002) e Maturana (2002) consideram indispensável o caráter social da linguagem com destaque para a interação social e a modificação de comportamento, seja com fundamento psicológico, filosófico ou biológico. A linguística também se orienta por este preceito, sendo percebido nas ideias de Michael Alexander Kirkwood Halliday. Para o autor, a linguagem tem uma função importante no desenvolvimento da criança como ser social, pois a construção das relações sociais acontece na e pela linguagem. É a linguagem o principal meio pelo qual: 1) se transmitem os valores e modelos de vida; 2) se aprende a conviver e atuar como membro de uma sociedade - família, escola, igreja, amigos e outros grupos sociais; 3) a adotar sua cultura, seus modos de pensar e de atuar, suas crenças e seus valores. De acordo com Halliday (2001), isto não é aprendido por instrução, pelo menos nos primeiros anos de vida. Aprende-se é por meio da convivência, da experiência acumulada.

A linguagem, para o autor, é um dos sistemas semióticos que se constituem em uma cultura e que a distingue, pois atua como sistema de codificação para vários outros, é um sistema para produzir significados. Portanto, não só medeia a ação como também proporciona meios para refletir sobre as ações e para construir as descrições, as ideias, as narrações e as teorias por meio das quais conhecemos. Halliday (1978; 2001) define a linguagem como semiótica social, isso significa interpretar a linguagem dentro de um contexto sócio cultural em que a cultura se interpreta em termos semióticos, como um sistema de informação. Portanto, o seu principal interesse se centra no estudo do uso social da linguagem, nas relações entre os textos³⁵ e situações em que estes textos são criados e interpretados. Logo, destacou-se em investigar a linguagem como processo interorgânico, pois considera esta uma entidade viva.

Embora em períodos distintos e em regiões diferentes do mundo, constata-se a partir dos escritos anteriores, que Michael Halliday e Lev S. Vygotsky possuíram em comum o

³⁵ Texto é considerado por Halliday como uma instância da linguagem que está exercendo algum papel em contexto de situação. Trata-se de uma unidade semântica, um constructo de significados, não como uma unidade gramatical em que os significados se realizam por meio de palavras. O texto realiza-se em orações.

interesse pelo papel que a linguagem desempenha no desenvolvimento cognitivo da pessoa como membro de uma cultura em particular. O primeiro focou mais os seus estudos no aspecto interorgânico, atendo-se a função da linguagem quando esta se reflete na fala e na escrita, interessando-se por pesquisar a natureza orgânica da linguagem como recurso para a vida em sociedade em que a linguagem é utilizada na mediação semiótica nas interações sociais. Já o segundo, deu mais ênfase aos processos intraorgânicos, procurando explicar a influência da linguagem nas funções mentais e como ela atua na fala interna, tendo sua origem no discurso social.

De acordo com Wells (2001), tanto para Vygotsky como para Halliday, a linguagem consiste em um instrumento semiótico pelo qual, nas atividades e interações cotidianas, a cultura se expressa e se transmite, socialmente, às próximas gerações. A estrutura semântica da linguagem: codifica a teoria da experiência que tem a cultura, incluindo o conhecimento associado com o emprego dos demais instrumentos e signos; permite aos seus usuários interagir entre si para coordenar suas atividades e, ao mesmo tempo, lhes permite refletir sobre suas diferentes interpretações da experiência e compartilhá-las (WELLS, 2001).

A linguagem, para Halliday e Martin (1993, p. 18), “é ao mesmo tempo uma parte da história humana e uma realização dela, o meio através do qual o processo histórico é construído”. Sua origem entre os humanos, de acordo com Maturana (2002), está relacionada ao início das interações sociais, ocorrido há cerca de três milhões de anos. Neste período, as pessoas se diferenciavam dos primatas e homínídeos tendo seu corpo ereto, tornando-se bípede e com capacidade craniana aumentada. Estas mudanças propiciaram o surgimento da linguagem e estavam relacionadas à coleta e à partilha, história de animais sociais e de relações interpessoais afetivas estreitas, associadas ao coletar e ao compartilhar alimentos. Segundo Halliday (1978) e Vygostky (1996), “a linguagem é uma invenção humana e para melhor compreendê-la, pensam que o enfoque genético³⁶ deve ser levado em consideração” (SCHELLER; BONOTTO; RAMOS, 2016, p. 379).

Já a linguagem escrita é mais recente que a linguagem oral. Os primeiros registros da escrita datam cinco mil anos e deve-se a um estilo de vida baseado na agricultura e pastoreio e o desenvolvimento de grandes centros urbanos (HALLIDAY, 1994). A necessidade de registros para controle do tipo, quantidade e destino dos produtos e dos produtores, consistiu

³⁶ O enfoque genético é considerado de acordo com quatro âmbitos: filogenia, a história sociocultural, a ontogenia e a microgenia.

na mola propulsora da escrita: criar registros permanentes de informações para fins econômicos (WELLS, 2001).

Os primeiros registros da Linguagem Científica remontam às antigas civilizações da Grécia, Roma e China. Na época, a escrita começava a desempenhar um papel importante na construção cultural do conhecimento em distintos campos, à medida que foi se desenvolvendo palavras e gêneros especializados com o objetivo de classificar e organizar a informação registrada e para construir e debater teorias que buscavam oferecer explicações dos fenômenos da experiência. O surgimento da imprensa foi um impulso para este desenvolvimento (WELLS, 2001; HALLIDAY; MARTIN, 1993).

A escrita científica, portanto, não surgiu de uma hora para outra. Tratou-se de um processo de vários séculos para chegar à forma atual. Sua origem, segundo Halliday e Martin (1993), remete à Thales de Mileto e Pitágoras, na Grécia Antiga. No entanto, são os escritos de Galileu e Newton que, de certa forma, inauguram o estilo de redação científica considerado padrão na atualidade. Os recursos léxicos empregados por Newton, em *Treatise on Optics*, e por Galileu incrementaram a linguagem por meio de sistemas de taxonomia hierarquizados dotados de um potencial de ampliação que se estende amplamente. Nos escritos de Newton, encontram-se algumas construções nominais, diferentemente, dos escritos matemáticos de Pitágoras e Thales que, às vezes, necessitam um tipo de alongamento da gramática para expressar o que desejam; são as expressões especiais próprias da matemática, menos habitual no discurso científico.

2.2.2 A Linguagem para Halliday e Vygotsky

Nesta etapa do Mapa Teórico apresentam-se as teorias da Linguagem de Halliday, M. A. K. e Vygotsky, L. S., aporte teórico analítico desta pesquisa. Inicialmente, são registradas as contribuições da teoria de Vygotsky sobre Linguagem, considerada pelo autor como um sistema de signos que permite a comunicação, necessária nas interações sociais e ao aprimoramento do pensamento. Na sequência, explicita-se a teoria de Linguagem de Halliday, que a defende como semiótica social. A união dos aportes dos dois autores subsidiam considerações sobre a linguagem escrita, um aspecto a ser observado nas produções dos estudantes de Ensino Médio Integrado e estas produções se constituem os dados dessa pesquisa. Os pressupostos dos dois autores a respeito de como estudantes elaboram a escrita é ampliado na última parte, quando se apresenta um conjunto de características da Linguagem Científica, por Halliday.

2.2.2.1 A Linguagem na concepção de Halliday

Quando as crianças aprendem a linguagem, não se limitam a realizar um tipo de aprendizagem entre muitos; o que fazem é aprender os fundamentos da própria aprendizagem. A característica distintiva da aprendizagem humana é que se trata de um processo de construção de significados: um processo semiótico; e a forma prototípica da semiótica humana é a linguagem. Daí que a ontogenia da linguagem seja ao mesmo tempo a ontogenia da aprendizagem (HALLIDAY, 1993a, p. 93).

Michael Alexander Kirkwood Halliday iniciou na década de 1960 uma nova abordagem de análise gramatical e chegou a construir um corpo de teoria - o modelo sistêmico-funcional (GSF³⁷) influente, internacionalmente, na linguística da linguagem. Neste sentido, para o autor, a linguagem é um recurso utilizado pelo indivíduo para fazer e trocar significados na sociedade.

A teoria linguística de Halliday tem uma orientação essencialmente social e funcional³⁸. Esta teoria, ao tratar da linguagem tanto como sistema e recurso, quanto código e conduta, objetiva explicar dentro de qualquer comunidade cultural e linguística particular, o que querem dizer as pessoas e como empregam esses recursos linguísticos para tal (WELLS, 2001). Está relacionada com processos sociais que contribuem para a aprendizagem da língua. Para Halliday (1978),

A linguagem surge na vida do indivíduo mediante trocas contínuas de significados com outros significantes. Uma criança cria primeiro sua língua infantil, logo sua língua materna, em interação com esse pequeno grupo de pessoas que constitui seu grupo significativo. Nesse sentido, a linguagem é um produto do processo social (p. 9-10, tradução nossa).

Dessa forma, a pessoa que aprende a linguagem, estuda/aprende ao mesmo tempo outras coisas com o uso da linguagem na sociedade que vive. Elabora em seu interior uma imagem na realidade que está ao seu redor e também em seu interior. Durante este processo social, “a construção da realidade é inseparável da construção do sistema semântico em que se

³⁷ De modo geral, a Gramática Sistêmico-Funcional explora a relação dinâmica entre os significados, as formas léxico-gramaticais pelas quais esses significados são realizados e os contextos que os ativam.

³⁸ A teoria funcionalista tem como objeto linguístico a determinação do modo como às pessoas conseguem comunicar-se pela língua. No caso da língua natural, o interesse consiste na verificação de como se obtém a comunicação com essa língua, quer dizer, a verificação do modo como os que dela fazem uso se comunicam de forma eficiente (competência comunicativa). O termo funcional relaciona-se a busca pela significação. ‘Sistema’ no sentido fithiana do paradigma funcional é desenvolvido no construto formal de uma rede sistêmica, o que configura uma teoria da língua enquanto escolha para a construção de significados (NEVES, 1994).

encontra codificada a realidade” (HALLIDAY, 1978, p. 9). Nesse sentido, a linguagem é um potencial de significado³⁹ compartilhado e a linguística como o estudo de como as pessoas mudam de significado pela linguagem.

Para Halliday (2001), a linguagem simboliza ativamente o sistema social, existindo uma relação recíproca entre ela e a cultura. Ela é elaborada na cultura que se apropria dos significados oriundos dos contextos socioculturais. Portanto, a linguagem significa um meio de expressar o que as pessoas podem fazer (potencial de conduta) com ela, na interação com os outros, transformando-a no que pode significar (sistema semântico). O que pode significar, por sua vez, é codificado no que pode dizer (sistema léxico gramatical – vocabulário/frases). A isto, Halliday denomina de linguagem como codificação do potencial de comportamento em potencial de significado, que por sua vez se manifesta em expressões.

A linguagem como sistema, emergente dos diálogos entre as pessoas, constitui-se de textos⁴⁰ ou discursos e não de palavras. Para Halliday e Matthiesen (2004, p. 4-5), o texto refere-se a “qualquer instância da linguagem, em qualquer meio, que faz sentido a alguém que conhece a linguagem”. Constitui-se em uma entidade semântica. Halliday (1978, 2001) ao compreender a linguagem como semiótica social interpreta os textos como reflexos das relações humanas na sociedade carregando aspectos do contexto no qual ele foi elaborado. Dessa forma, o contexto faz com que as pessoas se entendam, visto que o significado em determinado contexto apresenta-se diferente quando aplicado a outro contexto. As pessoas ao interagirem trocam informações e a partir das significações dadas a elas, representam a estrutura social, afirmando suas próprias condições e papéis e, estabelecendo e transmitindo os sistemas compartilhados de valor e conhecimento.

De acordo Halliday (2001), a linguagem tem função de expressão e de metáfora dos processos sociais (significados comuns). Seu uso é que possibilita que a transmissão de aspectos culturais de uma geração a outra. Além disso, facilita a ação no meio e oportuniza a atuação neste mesmo meio visando a produção de significados, desde os mais simples como conversas diárias entre amigos até informações como descrições, narrativas ou poesia. Desta forma, “o contexto desempenha um papel importante no que dizemos e o que dizemos desempenha um papel determinante no contexto” (p. 12). À medida que a pessoa aprende a significar, aprende a predizer um do outro, pois todos os casos de uso da linguagem (textos)

³⁹ “Interpretando no contexto de cultura, o potencial de significado é todo sistema semântico da língua. [...] Interpretando no contexto de situação, é o sistema semântico particular, ou conjunto de subsistemas, que é associado com um tipo particular de situação ou contexto social” (HALLIDAY, 1978, p. 109).

⁴⁰ Para os autores, texto é tudo o que é produzido na comunicação e interação; pode ser verbal e não verbal; individual ou coletivo; composto de uma ou várias frases e realizado por orações.

ocorrem em contextos sociais particulares. Cada caso é único em seus detalhes e características, mas para que os participantes possam construir uns com os outros o texto, necessitam interpretar o contexto como um caso reconhecido de uma situação típica e fazer que sua interpretação seja reconhecida pelos demais coparticipantes.

Como o texto é uma unidade do processo semântico, ele pode revelar padrões em relação com a situação. A linguagem somente tem existência quando funciona em algum meio, por exemplo, algum cenário com pessoas interagindo e produzindo significados - isto é o que se pode denominar de situação. O contexto abarca a situação em que o texto acontece e o meio verbal utilizado para a interação. O contexto de situação se refere àquelas características que são pertinentes ao discurso que se está produzindo durante a interação; o ambiente em que o texto é produzido. Ele pode predizer a linguagem por meio do registro. Para Halliday (1978), os tipos de situações linguísticas diferem entre si por três aspectos: 1) o que realmente ocorre; 2) quem participa; e 3) as funções que desempenham a linguagem. Consideradas em conjunto, estas três variáveis determinam o registro.

O registro é um reflexo dos contextos de situação em que se utiliza a linguagem e os modos em que um tipo de situação pode diferir de outra, ou seja, descreve o contexto imediato de situação no qual o texto foi produzido. Segundo Halliday (1978, p. 47), o registro “é uma forma de predição”, uma vez que é conhecida a situação e o contexto social de utilização da linguagem, é possível predizer a linguagem que se produzirá neste ambiente, com probabilidades razoáveis de que esteja correta. Ele é a configuração de significados que ocorre devido à situação. A feitura de um bolo, com objetivo de ensinar a alguém a arte de confeitaria, é um exemplo. Provavelmente, durante o ato, utilizam-se palavras que denominam nomes de ingredientes, instrumentos ou outros termos relacionados à feitura do doce. Este é um aspecto da relação da linguagem com a situação: o *tema* bolo faz parte do contexto social; logo, na realidade, a probabilidade que esses termos façam parte do discurso também depende do que os envolvidos estão fazendo no momento.

Halliday (1989) analisa o contexto de situação de um texto por meio de um modelo conceitual composto de três variáveis situacionais de registro: campo, relações (teor) e modo, a saber:

- O campo - *a ação social* – refere-se: ao que está acontecendo; à atividade que está sendo realizada pelos participantes; à natureza da ação social que está acontecendo, ou seja, o que os participantes estão fazendo quando a linguagem figura como um componente essencial;

- As relações - *a estrutura de papéis* – referem-se: a quem está envolvido; a natureza dos participantes; sua posição e seus papéis. Isto é, ao papel assumido pelos participantes nas interações e sua realização na linguagem.
- O modo - *a organização simbólica da linguagem* – refere-se à função exercida pela linguagem durante a interação e ao ‘veículo’ utilizado na situação. Trata-se do papel da linguagem, como esperam os participantes que a linguagem os ajude em uma determinada situação: a organização simbólica do texto; a posição que ele tem e sua função no contexto; o meio (é oral ou escrita, ou uma combinação de ambas?); ao canal (fônico ou gráfico) e o modo retórico (expositivo, persuasivo, didático, dentre outros) que se está alcançando com o texto em termos de categorias como persuasiva, expositiva, didática, entre outros.

Campo, teor e modo estão expressos por traços linguísticos particulares. Assim, o campo se faz notar no vocabulário, por exemplo. O teor, na noção de pessoa, na escolha da função da fala: ordem, oferta, etc., que se traduzem pelo uso de imperativos, de funções declarativas e outros. O modo aparece na escolha dos temas, em traços léxico-gramaticais específicos à língua oral ou à escrita, no uso de conjunções ou outro tipo particular de coesão (BARBISAN, 1995, p. 54).

Segundo Halliday e Hassan (1989), entre outras coisas, essas três variáveis são utilizadas para diferenciar a linguagem escrita da falada, determinar ou configurar padrões semânticos, léxico-gramaticais⁴¹ e fonológicos-ortográficos que identificam o registro.

Mapa 5 – Representação das variáveis do contexto de situação, segundo Halliday.



Fonte: Fuzer e Cabral (2014, p. 30).

⁴¹ De acordo com Halliday (1994), consiste nos padrões léxicos dentro das estruturas gramaticais. Um componente subjacente do sistema de tomada de significado de uma língua. Sistema de frases em que a oração é a principal unidade de processamento.

Os estudos de Halliday procuravam verificar a competência comunicativa da língua e isso sugere considerar as estruturas das expressões linguísticas como configurações de funções ou opções de significado, as quais são interpretadas como um diferente modo de significação no texto. Para Halliday (1973), a noção de função está relacionada ao propósito que a linguagem exerce na vida das pessoas, servindo às diversas demandas.

Os aspectos fundamentais na realidade social codificada na linguagem são: o pensar e o agir. A linguagem expressa e simboliza estes dois aspectos em seu sistema semântico, que está organizado em torno de duas razões: a linguagem como meio de reflexão sobre as coisas e como meio de ação sobre as mesmas. As opções de significado ou funções da linguagem são organizadas em três componentes denominadas de metafunções: ideacional, interpessoal e textual. Halliday (1973) entende estas três funções da linguagem, que ocorrem simultaneamente, servindo para: representar o mundo e compreender o meio (*ideacional*), ser um instrumento de interação (*interpessoal*) e organizar a informação (*textual*).

Primeiramente, a linguagem serve para expressar o conteúdo, representar a realidade do mundo que circunda as pessoas (quem faz o quê a quem, quando, onde, por que, como) - função ideacional. Neves (1994), afirma que esta função corresponde ao significado cognitivo. De acordo com Halliday (1973), é por meio desta função que a pessoa faz uso da linguagem (falante) e a outra que tem contato com esta linguagem (ouvinte), organizam e incorporam na língua as suas experiências reais, o que inclui consciência e reflexão. Ou seja, suas reações, cognições, percepções, assim como seus atos linguísticos de falar e de entender.

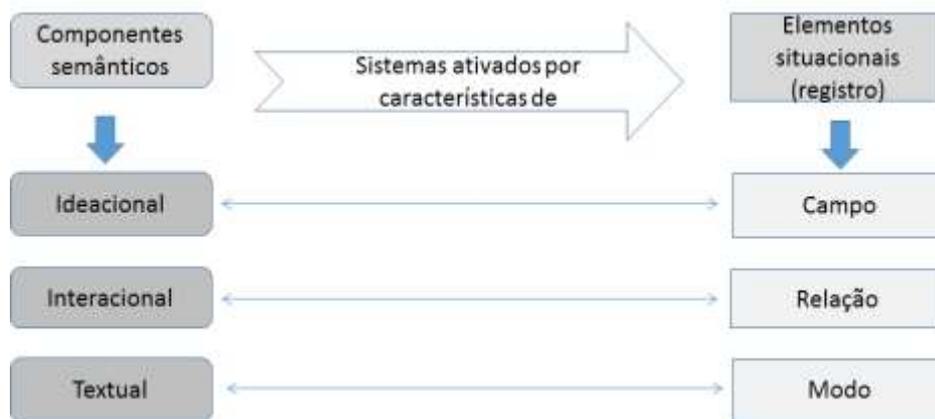
Em segundo lugar, a linguagem, na função interpessoal, preocupa-se com a organização da realidade social das pessoas com quem se interage. Refere-se ao uso que o falante ou emissor faz da linguagem para participar de um evento: fazer declarações, perguntas, dar ordens, expressar o quão seguro que se sente, dizer o que sente sobre as coisas. Refere-se também, as relações que se constitui entre ele e o ouvinte, em particular, o papel comunicativo que assume. Para Wells (2001), o elemento interpessoal da linguagem vai além da retórica, servindo ao estabelecimento e à manutenção dos papéis sociais, inerentes à linguagem. Portanto, esta função é interacional e pessoal, serve, simultaneamente, para organizar e expressar tanto o mundo interno como o mundo externo da pessoa.

Essas duas funções, ideacional e interpessoal, combinam-se a um terceiro modo de construção de significados – a metafunção textual. Esta metafunção se refere à criação do texto e reconhecimento de unidades textuais, também, torna-se responsável por organizar os significados ideacionais e interpessoais em textos coerentes e relevantes para seu contexto. Por esta função, a linguagem contextualiza as unidades linguísticas, fazendo operar no

contexto e na situação. É preciso deixar claro o discurso emitido no texto para que quem fizer uso o reconheça.

Existe uma correspondência sistemática entre a estrutura semiótica do contexto de situação (registro) e a organização funcional do sistema semântico. Cada uma das três variáveis situacionais de registro – campo, relação e modo – relaciona-se a uma das metafunções. Assim, o campo está utilizando: (i) o significado ideacional para construir o registro (ação social) e a oração é vista como representação; (ii) o significado interpessoal para gerenciar as relações (estrutura papel) tendo a oração como interação, como troca de informações e; (iii) o significado textual para desenvolver o modo (organização simbólica), sendo a oração tratada como mensagem. No Mapa 6, ilustra-se esta correspondência.

Mapa 6 – Representação das principais áreas de significado potencial que podem ser determinada ou ativada por uma variável situacional de registro.



Fonte: Elaborado pela autora.

Assim, todos os textos produzidos em uma língua são interpretados de acordo com sua função em relação ao todo. Cada um dos itens (palavras) do texto elaborado têm sentido dentro daquele texto: (i) do ponto de vista ideacional, remete a alguma coisa ou alguém (substantivo); (ii) pode participar ou não do discurso, sob o aspecto interpessoal; (iii) sob o aspecto da função textual, é algo importante na organização da informação. Portanto, a explicação dos processos linguísticos se dá mediante o exame dos itens escolhidos, vistos em seu funcionamento (HALLIDAY, 1978, 2001).

Como descrito anteriormente, esta relação de significado se dá na totalidade do sistema linguístico e não de forma isolada. Sendo assim, o texto é considerado como um produto de seu ambiente social, com um processo contínuo de escolha semântica, que Halliday (1978) define como sendo um processo sociossemântico. Assim como a realidade

consiste de significados em constante reestruturação, também o texto é um processo contínuo: entre ele e seus meios há uma relação de constante mudança, tanto a âmbito paradigmático quanto sintagmático (o ambiente paradigmático refere-se a um processo contínuo de criação do texto que modifica continuamente o sistema que gera, e o ambiente sintagmático, o contexto da situação que envolve o texto).

2.2.2.2 A Linguagem na concepção de Vygotsky⁴²

*Uma palavra que não representa uma ideia é uma coisa morta,
da mesma forma que uma ideia não incorporada em palavras
não passa de uma sombra.
(Lev Semenovich Vygotsky)*

Lev Semenovich Vygotsky buscou em seus estudos compreender as relações entre as pessoas e o seu ambiente natural e examinar as consequências psicológicas desse relacionamento permeadas pelo uso da linguagem. Dedicou-se, intensamente, à pesquisa do mecanismo de transformação das funções psicológicas naturais em funções superiores tais como: memorização lógica e ativa, pensamento abstrato, raciocínio dedutivo, capacidade de planejamento e compreensão da linguagem (SCHELLER; BONOTTO; RAMOS, 2016).

De acordo com os estudos de Wells (2001), a concepção de linguagem como instrumento semiótico de Lev S. Vygotsky foi desenvolvida em função da mediação semiótica. Para Wells (2001), Vygotsky desenvolveu a ideia baseando-se na analogia com a função mediadora dos instrumentos materiais na atividade humana. Interessava-se em estudar as consequências da utilização de instrumentos⁴³ (que medeiam a ação sobre o objeto) na relação entre o ser humano e o meio, e em particular o efeito dos signos⁴⁴ (que regulam a ação

⁴² Lev Semenovich Vygotsky (1896-1934), psicólogo russo, nasceu em Orsha, Bielorrússia, em 17 de novembro de 1896 e morreu de tuberculose em 11 de junho de 1934. Sua contribuição foi a teoria do desenvolvimento numa abordagem histórico cultural defendendo a interação social como importante para o desenvolvimento do ser humano. O ponto central de sua teoria consiste na noção de que o desenvolvimento intelectual das crianças ocorre em função das interações sociais e condições de vida (cultura). Por isso sua teoria é denominada de sócio interacionista.

⁴³ Para Vygotsky, instrumentos são ferramentas que servem para transformar os objetos ou o meio.

⁴⁴ Na definição do dicionário Houaiss, signo é "qualquer objeto, forma ou fenômeno que representa algo diferente de si mesmo". Para Vygotsky (1991), signos são meios que auxiliam/facilitam uma função psicológica superior - atenção voluntária, memória lógica, formação de conceitos -, sendo capazes de transformar o funcionamento mental. "Constitui um meio da atividade interna dirigida para o controle do próprio indivíduo; o signo é orientado internamente. O signo, por outro lado, não modifica em nada o objeto da operação psicológica" (p. 72). O signo age como um instrumento da atividade psicológica de maneira análoga ao papel de um instrumento de trabalho.

sobre o pensamento) empregados como instrumentos psicológicos para mediar à atividade mental.

A linguagem permite como mediadora das atividades sociais que os participantes planejem, coordenem e avaliem suas ações mediante a fala externa (interação social). Como meio no qual essas atividades se representam simbolicamente, ela também media as atividades mentais associadas no discurso interno da fala interior (pensamento). Estes aspectos são utilizados por Vygotsky (1996) ao defender que o desenvolvimento intelectual surge sempre em dois planos: inicialmente no plano social e depois, no plano psicológico.

A linguagem surge inicialmente como um meio de comunicação entre a criança e as pessoas em seu ambiente. Somente depois, quando da conversão em fala interior, ela vem a organizar o pensamento da criança, ou seja, torna-se uma função mental interna (VYGOSTSKY, 1991, p. 60).

Sendo assim, o pensamento e a linguagem têm raízes genéticas diferentes. Porém em um dado momento da vida, por volta dos dois anos de idade, há a união de ambos (processo de interiorização). O pensamento se torna verbal e a linguagem intelectual, devido ao processo sócio histórico e cultural, surgindo assim o desenvolvimento.

[...] a relação entre pensamento e palavra não é uma coisa, mas um processo, um movimento contínuo de vaivém do pensamento para a palavra e vice-versa. Nesse processo, a relação entre o pensamento e palavra passa por transformações que em si mesmas, podem considerar um desenvolvimento no sentido funcional. O pensamento não é expresso em palavras; é por meio delas que ele passa a existir. Cada pensamento tende a relacionar alguma coisa com outra, a estabelecer uma nova relação entre as coisas (VYGOTSKY, 1996, p. 150).

Vygotsky (1996) atribui à linguagem verbal um papel central no desenvolvimento cognitivo. Segundo ele, a criança, de posse da língua como auxílio, desenvolve o pensamento verbal, ou seja, uma atividade mental que, ao tornar-se consciente ou deliberada no planejamento de ações voltadas à solução de uma tarefa cognitiva qualquer, necessita de uma linguagem de apoio. Esse tipo de pensamento seria determinado por meio de um processo sócio- histórico, ao contrário da fala, que é considerado inato e biológico. Para Vygotsky, o significado das palavras é a unidade utilizada para entender a ligação entre pensamento e linguagem. Deste fato decore as funções da linguagem para o teórico: interação social e o pensamento generalizante.

Como função de interação social, um exemplo são "os sistemas de linguagem que o homem cria e utiliza para se comunicar" (SCHELLER; BONOTTO; RAMOS, 2016, p. 381). Inicialmente, trata-se de gestos ou balbucios que o bebê consegue emitir para expressar seus desejos, os quais impulsionam o desenvolvimento da linguagem. A outra função da

linguagem, pensamento generalizante, surge quando a “criança consegue utilizar de símbolos, articular palavras, compreender o significado delas, fazer relações tornando a linguagem mais sofisticada” (SCHELLER; BONOTTO; RAMOS, 2016, p. 381). Portanto, a linguagem é um instrumento mediador das atividades sociais (interação social) e mentais associadas ao discurso interno (pensamento).

Na escola, a linguagem contribui para que a criança interaja, pense e desenvolva-se. Então, ela constrói e amplia conceitos - atos de generalização – os quais evoluem até formar os verdadeiros conceitos ou os verdadeiros significados das palavras. De acordo com o Vygotsky (1991), os conceitos⁴⁵ diferem entre si em vários aspectos. Os conceitos espontâneos tem por base a experiência direta e pessoal, supõe uma ação consciente e deliberada, no entanto eles não estão sujeitos à consciência e ao controle voluntário. A capacidade de defini-los por meio de palavras, de operar com eles, aparece somente bastante tempo após terem sido adquiridos. Em contrapartida, os conceitos científicos que se encontram no curso do ensino, quase sempre mediante definições verbais e explicações construídas em colaboração com o professor, requerem conhecimento consciente e uma aplicação deliberada desde o princípio. Requerem atividade mediada.

Em relação à construção dos conceitos, Vygostky percebeu que nas crianças, o desenvolvimento dos espontâneos ocorre de forma ascendente, enquanto os científicos, acontecem de forma descendente, para um nível mais básico e concreto. No entanto, “é preciso que o desenvolvimento de um conceito espontâneo tenha alcançado certo nível para que a criança possa elaborar um conceito científico correlato” (VYGOTSKY, 1996, p. 93). O desenvolvimento de conceitos científicos na escola pressupõe atividade mediada e mudança de sentido no significado da linguagem utilizada. Estes conceitos constituem base para a apropriação e uso de Linguagem Científica pelos estudantes.

A linguagem, neste sentido, tem função de produzir significado e ao mesmo tempo promover interação. Antes de tudo, ela é social, contudo sua função inicial é a comunicação e está estreitamente combinada com o pensamento, organizando-o. Quando ocorrem as interações no campo social, a linguagem verbal e não-verbal são os artifícios utilizados na comunicação. Na primeira encontram-se língua escrita e falada (como diálogo e informações

⁴⁵ Um conceito é mais do que a soma de certas conexões associativas formadas pela memória, é mais do que um simples hábito mental; é um ato real e complexo de pensamento que não pode ser ensinado por meio de treinamento, só podendo ser realizado quando o próprio desenvolvimento mental da criança já tiver atingido o nível necessário (SCHELLER; BONOTTO; RAMOS, 2016, p. 379). A noção de conceito foi bastante discutida pelo autor que os denominou de: espontâneo e científico. Enquanto os primeiros se constroem nos contextos de ação e interação em eventos os mais variados, os últimos, mais sistemáticos, podem ser construídos nos espaços escolares.

tele audiovisuais) enquanto na segunda, as figuras, gráficos, imagens, gestos, movimentos, são exemplos (SCHELLER; BONOTTO; RAMOS, 2016). A união destes dois tipos de linguagem refina todo o processo de comunicação entre os seres, sendo um texto escrito um exemplo disto.

Como síntese desta parte do Mapa Teórico que trata de linguagem, na sequência, ilustrado no Mapa 7, apresenta-se um comparativo das concepções de Linguagem de Halliday (1978, 2001) e Vygotsky (1991, 1996), por meio da identificação de similaridades e diferentes da teoria base desta tese, relacionadas ao: foco da pesquisa, função ou intenção da linguagem, os tipos de funções da linguagem e o interesse de cada teórico ao dedicar-se ao seu estudo. Sendo assim, inicialmente apresentam-se as diferenças alocadas nas duas colunas do mapa e, ao final, nas linhas, as similaridades de ideias dos dois teóricos.

Mapa 7 – Características da Linguagem segundo Vygotsky e Halliday.

	Halliday (1978, 2001)	Vygotsky (1991, 1996)
Pesquisa	Estudo da influência da linguagem nas funções mentais e como ela atua na fala interna, tendo origem no discurso social.	Estudo das funções da linguagem quando se reflete na fala externa e na escrita. O texto é a instância de sentidos produzidos em um contexto particular.
Intenção da linguagem	Linguagem como mediadora das atividades sociais e mentais humanas no discurso interno. Linguagem como processo intraorgânico.	Linguagem como semiótica social, em que se interpreta a linguagem dentro de um contexto sócio cultural. Linguagem como processo interorgânico.
Funções da linguagem	Duas: interação social e pensamento generalizante.	Três metafunções: ideacional, interpessoal e textual.
Interesse	Efeito do uso de instrumentos na relação entre as pessoas e o meio e, em particular, o efeito dos signos como instrumentos psicológicos para mediar a atividade mental.	Explicação da natureza e organização da linguagem como recurso para a vida social do ser humano. Uso social da linguagem, nas relações entre os textos e nas situações em que estes textos são criados e interpretados.
Interesse mútuo pelo papel que desempenha a linguagem no desenvolvimento do indivíduo como membro de uma cultura particular.		
Linguagem é uma invenção humana e para melhor compreendê-la se ambos consideram o enfoque genético.		
Compreensão da linguagem como um instrumento semiótico pelo qual, nas atividades e interações cotidianas, a cultura se expressa e se transmite socialmente às próximas gerações.		

Fonte: Elaborado pela autora.

Na sessão seguinte, considerando que a pesquisa utilizará, como dados, os textos escritos dos estudantes, apresentam-se contribuições teóricas a respeito de linguagem escrita.

2.2.2.3 A Linguagem escrita para Halliday e Vygotsky

*A escola ensina as crianças a desenhar letras e
construir palavras com elas,
mas não ensina a linguagem escrita.
(Lev Semenovich Vygotsky)*

O surgimento da linguagem escrita criou possibilidades para novas atividades, como a reprodução, a comparação e a codificação. Além disso, destaca-se o papel regulador que essa atividade exerceu na política, na religião e da função arquivista possibilitada por ela. Como por exemplo, a literatura. Wells (2001) destaca que a principal finalidade da escrita consiste na conservação do significado para que este pudesse ser recuperado posteriormente, função esta inapropriada pela fala.

O desenvolvimento da escrita, na perspectiva ontogenética, ocupa um papel importante nos estudos sobre o desenvolvimento cognitivo de Vygotsky e Halliday. O foco do primeiro centrava-se mais no papel da linguagem oral e escrita para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores, enquanto o segundo enfatiza o contexto social em que a linguagem se desenvolve. Segundo Vygotsky (1991), a escrita tem papel fundamental desenvolvimento cultural da criança na prática escolar.

A linguagem escrita como um sistema particular de símbolos e signos não recebeu de Vygotsky (1991) a principal ênfase. Seu interesse era investigar a escrita como instrumento psicológico (WELLS, 2001). De acordo com o autor, a escrita

constitui um simbolismo de segunda ordem que, gradualmente, torna-se um simbolismo direto. Isso significa que a linguagem escrita é constituída por um sistema de signos que designam os sons e as palavras da linguagem falada, os quais, por sua vez, são signos das relações e entidades reais. Gradualmente, esse elo intermediário (a linguagem falada) desaparece e a linguagem escrita converte-se num sistema de signos que simboliza diretamente as entidades reais e as relações entre elas. [...] o domínio de tal sistema complexo de signos não pode ser alcançado de maneira puramente mecânica e externa; ao invés disso, esse domínio é o culminar, na criança, de um longo processo de desenvolvimento de funções comportamentais complexas (p. 70-71).

Neste aporte, Wells explicita que a aquisição da linguagem escrita apresenta um sistema mais complexo que a linguagem falada, por ser de natureza mais abstrata, isso implica que o grau de dificuldade no escrever e ler, é maior em relação à linguagem falada. Halliday (1994), no entanto defende que ambas as formas de linguagem (escrita e falada) apresentam complexidades, contudo diferentes.

De acordo com Halliday (1994), essa complexidade se manifesta quando a criança aprende a ler e a escrever, ao (re)construir seu potencial de significado, estabelecer formulações para comunicar o seu pensamento de forma mais elaborada e que a outra entenda. Para Wells (2001), nesse momento ela começa a ser consciente da linguagem ‘semiótica’ que tem estrutura e organização própria. A criança ao aprender a escrever, necessita libertar-se do aspecto sensorial da linguagem e trocar as palavras por imagens delas. De acordo com Vygotsky (1996), quando uma linguagem for ‘puramente’ imaginativa, esta será mais difícil para a criança compreender do que linguagem oral. Ocorre porque requer simbolização da imagem sonora por meio dos signos escritos (isto é, um segundo grau de simbolização). A aprendizagem da álgebra e da aritmética, por exemplos, constitui-se em um exemplo análogo (VYGOTSKY, 1996).

O exercício da linguagem escrita, para Halliday (2001) e Vygotsky (1996), não consiste somente na tradução da oralidade ou da fala interior, uma vez que o desenvolvimento da escrita não repete a história do desenvolvimento da fala, “mas uma transformação da estrutura predicativa e idiomática em sistematização articulada e inteligível para os outros” (SILVA; AGUIAR JR., 2014). Contudo, a escrita absorve e transmuta a fala e a altera. Ela se constitui em uma fala mais elaborada e se constitui em uma “função linguística distinta, que difere da fala oral tanto na estrutura como no funcionamento. Até os seus estágios mais elementares de desenvolvimento exigem um alto nível de abstração” (VYGOTSKY, 1991, p. 85). A linguagem escrita é elaborada apenas de pensamento e imagens, carecida de sons, expressões e gestos presentes na linguagem oral. Expressar-se escrita e, oralmente, exige da criança domínio linguístico próprios da comunidade a qual ela se insere. Ao passar a frequentar a escola, a criança tem a oralidade e objetiva à apreensão da escrita.

A oralidade, que pela própria natureza e tempo, é mais desenvolvida que a escrita, apresenta um conjunto de características e condições psicológicas que facilitam a aprendizagem para as crianças. A linguagem escrita tem um caráter abstrato, já que é uma linguagem sem interlocutor (ou com interlocutor imaginário) e sem o aspecto sonoro. Desse modo, “a escrita, por ser algo novo ou estranho para a criança, constitui-se, em um processo mais complexo do que aquele da fala” (VYGOTSKY, 1991, p. 85). Aprender a escrever traz a fala ao nível da consciência, como descreve o autor:

A linguagem escrita exige um trabalho consciente porque a relação que mantém com o discurso interior é diferente da linguagem falada. Esta última precede o curso de desenvolvimento, ao passo que a linguagem escrita aparece depois do discurso interior e pressupõe a sua existência (o ato de escrever implica uma tradução a partir do discurso interior) (p. 85).

De acordo com Vygotsky (1996), a aprendizagem da escrita requer que essa criança tenha uma postura mais consciente e deliberada em relação à formação do significado que, por sua vez, fomenta o desenvolvimento de um pensamento deliberado, sistemático e mediado por conceitos científicos (WELLS, 2001). Por outro lado, as tarefas que possibilitam a escrita devem ser significativas e pertinentes para o estudante. Sendo assim, a linguagem escrita, materialização do pensamento, exige “consciência, [...] voluntariedade, [...] abstração, [...] memória lógica, [...] controle deliberado e outras funções” (VYGOTSKY, 1996, p. 64) que irão se concretizar durante o processo de ensino. A criança para se expressar por escrito de maneira satisfatória, deve dominar a estrutura da palavra escrita e do texto, os significados das palavras escolhidas e o sentido que as mesmas terão naquele contexto de uso. Só assim consegue emitir, com êxito, sua mensagem.

Para Wells (2001, p. 130), “um texto escrito, ao contrário do texto produzido ao falar, é um elemento permanente, se pode repassar, repensar e revisar mediante uma forma diferente de diálogo na qual o texto se encontra em processo de construção desempenhando um papel fundamental.” Isso quer dizer que, a principal função da escrita consiste em atuar como instrumento para o recordar e o refletir. A escrita constitui-se em um modo social de comunicação e pensamento.

O texto escrito possui natureza abstrata, maior densidade léxica e menor complexidade gramatical do que a fala. Para Halliday (1993a), é a forma pela qual os estudantes reinterpretam sua experiência em que a realidade acaba constando de coisas, no lugar de atividades, processos ou eventos. “Um texto escrito significa um objeto sinóptico: é linguagem que se deve processar sinópticamente. [...] a perspectiva sinóptica se incorpora a gramática da linguagem escrita em forma de metáfora gramatical” (p. 111). Isso deriva das explicações similares de Vygotsky (1996, p. 204) ao apresentar que “a escrita obriga o estudante a atuar de maneira mais intelectual. Consiste em uma maneira mais difícil e complexa de atividade intencional e consciente”.

Ao observar as teorias de Halliday (1978) e de Vygotsky (1996) pode-se afirmar que em ambas as teorias, a linguagem escrita fica mais abstrata do que a linguagem oral em três aspectos:

- simbolismo de segunda ordem em que os símbolos escritos representam as palavras expressas na fala, as quais também são símbolos;
- ausência do interlocutor, o que faz com que a lexicogramática seja a única utilizada para a emissão dos significados. Apoios como gestos e entonação e a

percepção do receptor não contribuem para informação adicional, o que torna a responsabilidade do emissor maior;

- natureza abstrata dos significados se torna mais complexa para as crianças no texto escrito. Fato este que fez levar Halliday a afirmar que o desenvolvimento da alfabetização supõe tanto a reorganização da gramática do estudante para lidar com as categorias mais abstratas da linguagem escrita, com o domínio de uma nova forma de conhecimento. Isto é, o contraste entre o conhecimento científico na Educação em comparação como o conhecimento falado ou espontâneo de senso comum de Vygotsky (1996) ou “o conhecimento escrito da escola e os contrastes com o conhecimento falado de sentido comum” de Halliday (1993b, p. 109).

Halliday e Martin (1993) destacam que a linguagem que o estudante expressa ao escrever não é apenas resultado das definições apresentadas no ensino formal. É também resultado de experiências práticas e da ação dele nesta experimentação. Desse modo, o aprendiz recapitula o modo o qual tinham desenvolvido, ao longo de muitos séculos, os registros formais da descrição e explicação científicas por cientistas em exercícios como ferramentas para lhes auxiliar na atividade de fazer ciência.

A escrita das ideias e informações durante o processo de aprendizagem desempenha um papel importante no ‘florescer’ da Linguagem Científica (WELLS, 2001). Este registro, feito após a realização da observação e/ou experiência no espaço escolar, pode combinar descrição e interpretação fatos, ou seja, o início do processo de análise. O autor destaca também que a anotação das ideias que surgem durante as discussões com toda a turma, mediadas pelo professor, contribui para o estudante centrar-se no ocorrido e registrar a sua compreensão sobre o que está sendo estudado. Posteriormente, esses registros servem de consultas individuais.

Wells (2001) comprovou que, o fato de escrever além de dialogar, ajuda as crianças a ampliarem e a consolidarem a compreensão dos conceitos inculcados durante participação em uma investigação. Significa que o desenvolvimento e a apropriação dos conceitos científicos pelo estudante pressupõem o desenvolvimento da Linguagem Científica. Porém, para isto seja possível, é necessário o professor-mediador proporcionar um meio centrado na criança, atuando como um guia, criando uma estrutura com a ajuda das mesmas (HALLIDAY, 1978). Seria na visão de Vygotsky (1996), atuar na zona de desenvolvimento proximal.

O Mapa 8 reúne similaridades e diferenças dos dois autores a respeito do enfoque dado por eles a linguagem escrita, em seus estudos. Pode-se afirmar que em vários aspectos as concepções se complementam ao tentarem explicar o mecanismo da linguagem escrita.

Mapa 8 – Resumo dos conceitos de linguagem escrita de Vygotsky e Halliday.

VYGOTSKY (1993, 1996)	HALLIDAY (1978, 2001)
A escrita constitui um simbolismo de segunda ordem que, gradualmente, torna-se um simbolismo direto.	Ambas as formas de linguagem (escrita e falada) apresentam complexidades, contudo diferentes.
A escrita obriga o estudante a atuar de maneira mais intelectual. Consiste em uma maneira mais difícil e complexa de atividade intencional e consciente	Um texto escrito é um objeto sinóptico: é linguagem que se deve processar sinópticamente. [...] a perspectiva sinóptica se incorpora a gramática da linguagem escrita em forma de metáfora gramatical
A escrita possibilita a formação e reelaboração dos conhecimentos científico na Educação em contraste como o conhecimento falado/espontâneo de senso comum.	A escrita possibilita o domínio de uma nova forma de conhecimento: o conhecimento escrito da escola em contraste com o conhecimento falado de sentido comum
O desenvolvimento da linguagem escrita requer que o professor atue na zona de desenvolvimento proximal	O desenvolvimento da linguagem escrita exige do professor condições para proporcionar um meio centrado na criança, atuando como guia, criando uma estrutura com a ajuda das mesmas.
Linguagem escrita não consiste somente na tradução da oralidade ou da fala interior. Possui natureza abstrata e ausência de interlocutor.	

Fonte: Elaborado pela autora.

2.2.3 A Linguagem Científica na perspectiva linguística de Halliday e Lemke

“Linguagem Científica apenas coloca em primeiro plano o potencial construtivo da linguagem como um todo”
(HALLIDAY; MARTIN, 1993, p. 8)

Segundo Halliday e Martin (1993), a Linguagem e a Ciência se apresentam juntas, pois aprender a Ciência é aprender uma linguagem criada para codificar, ampliar e transmitir o conhecimento científico.

[...] Na ciência, a linguagem é uma ferramenta fundamental, usa-se para classificar, decompor e explicar, e narrar as investigações que formam a base de uma visão de mundo científica. Daí decorre que ser analfabeto na ciência deve ser negado o acesso a um aspecto crucial da sua tecnologia. [...] A ciência não pode ser entendida ‘em suas próprias palavras’. Ela tem evoluído para um uso especial da linguagem, a fim de interpretar o mundo à sua própria maneira, não no senso comum (MARTIN, 1993, p. 200, tradução nossa).

A Linguagem Científica, ao contrário da linguagem cotidiana, não é aprendida pelas pessoas do mesmo modo como se apresenta a elas (HALLIDAY, 1993b). De acordo com a linguística a Linguagem Científica possui um conjunto de características próprias distintas da linguagem comum (falada ou escrita). Essas características surgiram como resposta às questões que existiam (e existem) para os ‘cientistas’, pesquisadores, na medida em que

buscavam (buscam) comunicar argumentativa e claramente as suas proposições e teorias. A Linguagem Científica evoluiu e evolui devido ao desenvolvimento da própria ciência.

Para Halliday e Martin (1993), a Linguagem Científica desenvolveu historicamente esse conjunto de características que a diferenciam do sistema semiótico⁴⁶ mais geral que reflete e materializa: são léxico-gramaticais que se manifestam na sentença; semânticas – manifestas no discurso geral. As dificuldades com a Linguagem Científica decorrem da relevância dada pelos que a utilizam ao vocabulário em detrimento à gramática, características importantes no texto científico.

O vocabulário técnico, ao qual a Linguagem Científica se compara a complexos sistemas de taxonomia⁴⁷, e sua gramática, com o uso específico de conectivos ou verbos, são aspectos igualmente importantes e interdependentes de um mesmo processo semiótico. O discurso científico é, portanto, uma variação funcional da linguagem com a sua própria terminologia técnica e gramática (HALLIDAY, 1993b). A utilização de *termos 'técnicos'* para nomear entidades ou processos é uma das características da Linguagem Científica nos escritos científicos; embora não seja o único aspecto desta linguagem que a distingue dos outros tipos de linguagem, como, por exemplo, a linguagem comum.

De acordo com Halliday (1993b, p. 71), a dificuldade principal dos estudantes não reside no domínio dos termos técnicos, mas sim, na gramática. O problema surge das complexas relações que esses termos têm uns com os outros. “Termos técnicos não podem ser definidos isoladamente; cada um tem que ser entendido como parte de uma estrutura maior, e cada um é definido por referências a todos os outros.” Os jargões, assim definidos por Halliday (1993b) para termos técnicos, específicos de cada grupo social, são considerados na Linguagem Científica sob duas visões: na primeira, considera-os como desnecessários visto que o mesmo significado pode ser expresso na linguagem comum; na segunda, oposta a essa, considera ciência, totalmente, depende da Linguagem Científica.

Não se separa a ciência da forma como ela é escrita, ou se reescreve o discurso científico de qualquer outro modo. De acordo com esta visão, ‘aprender ciência’ torna-se a mesma coisa como aprender a linguagem da ciência. Se a linguagem parece difícil de entender, isso não é um fator adicional causado pelas palavras que são escolhidas, mas a dificuldade que é inerente à natureza da própria ciência. (p. 70, tradução nossa).

⁴⁶ Sistema estruturado cujo propósito é criar significados no contexto social em que a pessoa faz uso da linguagem (HALLIDAY, 2001).

⁴⁷ Na linguística, refere-se à arte de classificar.

Halliday (1993b), no entanto, afirma não ser possível representar todo conhecimento científico com as palavras do senso comum, pois um termo técnico também não pode ser traduzido de qualquer jeito com palavras simples. Além disso, a estrutura conceitual da Física e Biologia é complexa. Ao mesmo tempo, a Linguagem Científica se torna mais difícil do que poderia ser como fazem escritores presos aos padrões desnecessários.

Além dos termos técnicos, a gramática da Linguagem Científica possui uma forma particular de argumentação nas quais verbos e adjetivos são rerepresentados como substantivos na forma de informações dadas, ou seja, são nominalizados. Halliday e Martin (1993) consideram que esta particularidade é o que melhor caracteriza a Linguagem Científica e a denominam *metáforas gramaticais*⁴⁸, quando: processos ou fenômenos (ações, eventos, processos mentais, relações), normalmente expressos por meio de verbos, são codificados como ‘coisas ou objetos’ e substituídos por substantivos. Halliday e Matthiessen (2004, p. 117) define metáfora gramatical “um processo de reconstrução dos padrões de realização na linguagem – particularmente na interface entre a gramática e a semântica. Um significado que foi originalmente construído por um tipo de palavra é construído por outra.”

Sobre esse processo, os autores ressaltam que:

Exemplos isolados deste processo teriam, por si só, pouco significado, mas quando ele acontece numa escala massiva, o resultado é a reconstrução da natureza da experiência como um todo. **Enquanto a quotidiana língua mãe do conhecimento senso comum constrói a realidade como um balanço entre coisas e processos, o elaborado registo do conhecimento científico reconstrói a realidade como um edifício de coisas.** Ele mantém a realidade quieta, para poder ser sujeita a observação e experimentação (HALLIDAY; MARTIN, 1993, p. 15, grifo e tradução nossa).

Outra característica das metáforas gramaticais se refere ao fato de que elas permitem relacionar mais do que um processo ou fenômeno em uma única frase, assim como ocorre com relações causa-efeito. Halliday (1993^a) exemplifica isto com um trecho do texto de Newton *Treatise on Optics*: “Essas cores indicam uma *divergência e separação mútua desses raios heterogêneos* por meio de suas *refrações desiguais*” (p. 168, tradução e grifo nosso). As metáforas também permitem a formação de grupos nominais longos (itálico) e complexos (HALLIDAY; MARTIN, 1993). “Para além da contribuição que resulta na construção de termos técnicos, as metáforas gramaticais são um usado na construção de argumentos racionais” (p. 61). A construção de metáforas gramaticais como uma etapa do desenvolvimento semiótico da linguagem, é característica do nível de estudantes de anos

⁴⁸ No texto que segue, as palavras que aparecem em itálico serão consideradas e servirão de base para as categorias de análise.

finais (nove anos do Ensino Fundamental) e Ensino Médio, uma vez que o conhecimento das disciplinas se apresenta de modo mais técnico, característico do discurso científico.

Para esses autores, enquanto na linguagem comum predominam as narrativas que relatam eventos lineares e sequenciais com os verbos no tempo passado, a Linguagem Científica congela os processos expressos geralmente por verbos de ação (no tempo presente), transformando-os em grupos nominais – substantivos. Estes processos, ligados por verbos que exprimem relações⁴⁹ (ser, simbolizar, possuir, implicar), dão a Linguagem Científica o caráter estrutural. Neste tipo de linguagem os textos que emergem se referem a sequências descritivas, argumentativas ou explicativas.

Nesses tipos de sequência escrita, a nominalização dos *processos verbais* aumenta a densidade léxica (resultante da necessidade de síntese), na qual a maioria dos termos utilizados carregam significados interligados num estrutura conceitual. Assim, na Linguagem Científica, o texto é encadeado e articulado, o qual parte de informação inicial e segue estabelecendo relações entre os grupos nominais. Também há a presença de conectivos, indicando causa, exceções ou afinidades, relacionando o que já se sabe (um processo) e a nova informação representada pela nominalização (HALLIDAY; MARTIN, 1993). Por meio da nominalização, processos e propriedades são reinterpretadas metaforicamente como substantivos, permitindo um discurso informacionalmente denso.

Outro aspecto considerado na Linguagem Científica, de acordo com Lemke (2002) e Wells (2001), refere-se ao modo visual da escrita que permite a incorporação de outras linguagens além da verbal: modos pictóricos e diagramáticos de representação visual, o simbolismo matemático e a linguagem das operações experimentais, as quais tornam a comunicação mais clara e eficiente. De acordo com Lemke (2002), predominam nos textos científicos a combinação de texto e imagens visuais como tabelas, simulações gráficas, mapas, desenhos, diagramas e demais representações visuais, denominadas de *gêneros multimídia*. Esta combinação propicia melhor entendimento do que esta sendo expresso, pois “nenhum texto duplica exatamente o que uma figura significa para nós: texto e figura juntos não são duas formas de dizer a mesma coisa; o texto significa mais quando justaposto à figura, e da mesma forma a figura quando colocada ao lado de um texto” (LEMKE, 2010, p. 462).

⁴⁹ As palavras que indicam relações estabelecem relações temporais e de causa-efeito (quando, se, representa, então, são alguns exemplos) necessárias às explicações e argumentações científicas.

A presença dos gêneros na escrita faz com os textos não sejam lineares, possibilitando a aquele que faz leituras de qualquer representação visual, a construção de um texto ‘mental’ bastante semelhante ao original. Todas estas representações visuais condensam informações e permitem que sejam visualizadas tendências e dependências entre as variáveis, padrões que não são evidentes quando em estado bruto. Um exemplo das representações são as funções matemáticas (LEMKE, 1998a).

A Matemática enquanto Ciência se constitui de vários tipos de linguagens, desde a linguagem natural até a linguagem gráfica ou algébrica; vai desde a escrita por meio de sinais ou signos convencionais ao uso de esquemas, tabelas, gráficos, equações, expressões, animações, representações visuais, entre outros. Para Lemke (1998a), uma importante característica da atividade científica consiste na utilização simultânea de mais de um tipo destas linguagens, seja para construir o mesmo significado sobre um mesmo conceito, realizando funções semelhantes⁵⁰, ou para atribuir significado para conceitos, com funções distintas⁵¹. Marquez, Izquierdo e Espinet (2003) denominam estas duas funções, de processos de construção de significado por cooperação e especialização. Elas implicam em dominar, saber utilizá-las e transitar pelos vários registros de representação (DUVAL, 2003) e compreender as mútuas relações que os termos presentes na linguagem têm uns com os outros. Isto porque “a apropriação da Linguagem Científica requer também uma compreensão mais clara e profunda dos recursos linguísticos empregados pela comunidade científica na construção dos textos, ou seja, uma análise de suas características retóricas” (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2012, p. 851).

Os recursos semióticos permitem a construção de significados de duas formas complementares: significados tipológicos e topológicos pertencentes às diversas linguagens. Os primeiros, mais descritivos, são responsáveis pela classificação das coisas em categorias mutuamente exclusivas (classificação por oposição ou exclusão, tais como inicial e final, redução e aumento, maior e menor, dentre outros). Enquanto os topológicos, por distinguir variações de graus ao longo de vários contínuos de diferença, ou seja, quantificar e expressar

⁵⁰ Um exemplo ilustrativo seria o estudante utilizar para representação do crescimento de um animal, a representação da curva logística, explicitando de como ocorre este processo de crescimento, indicando períodos de crescimento acelerado, por exemplo. Tanto a curva, quanto o gesto ou a fala/escrita são formas cooperativas para expressar o mesmo conceito. Uma linguagem reforça a outra para melhor explicitação do conceito.

⁵¹ Em relação ainda ao crescimento de um animal, quando se procura explicar a variação do peso, pode-se utilizar a fala e gesto para apontar aumento ou redução de crescimento, enquanto a curva pode mostrar como se deu a variação – logística, exponencial ou linear ou constante, por exemplo. Neste caso, uma linguagem incorpora um novo significado ao que está sendo investigado.

covariações (lactação das vacas em função do tempo. Exemplos destes são os gráficos ilustrativos do formato de curvas (neste caso), esquemas ou desenho que operam mais na percepção visual). Desta forma, a combinação dos dois significados, texto verbal e linguagem pictórica, imprimem aos textos científicos um caráter de não linearidade. Isso decorre do fato, pois na comunicação, as pessoas fazem uso de variados sistemas semióticos, combinando-os de acordo com seus princípios funcionais. Portanto, a comunicação científica se utiliza de linguagem híbrida.

Todas as características explicitadas, entre outras, podem tornar a Linguagem Científica estranha e difícil para os estudantes, pois estão acostumados a designar seres e coisas por nomes e processos por verbos, uma vez que aprenderam assim no início da alfabetização. Também o vocabulário diferente, com jargões específicos de cada grupo social, tem o efeito de fazer o estudante se sentir excluído e alienado do assunto, causando problemas de compreensão para eles (HALLIDAY, 1993b; MORTIMER, 1998). Nas escolas, na maior parte das vezes, a exploração dos conceitos é feita pela oralidade, sendo atribuídas à escrita, pequenas respostas às questões, breves explicações ou definições. Desse modo, os estudantes raramente falam qualquer Linguagem Científica, no entanto, precisam aprender a pensar, falar, ler e escrever em outro estilo de linguagem, apropriando-se de outro gênero do discurso com os quais não estão acostumados. O estudo de Mortimer, Chagas e Alvarenga (1998) evidenciou as dificuldades de vestibulandos de química de transitar entre as características da linguagem cotidiana e àquelas descritas para a Linguagem Científica. Isso ocorre devido a Linguagem Científica ser diferente da linguagem social e ser utilizada, quase sempre, apenas nos espaços escolares.

Para Mortimer (2010), é no diálogo entre a linguagem cotidiana e a Linguagem Científica que reside à aprendizagem, a apropriação de significados para o conhecimento científico. O estudante aprende quando é capaz de utilizar ou relacionar a fala ou a escrita de acordo com o raciocínio e a lógica, próprios da ciência. Para tanto, necessita-se o contato com diferentes modos de observar, analisar e representar fenômenos. Neste sentido é importante que as atividades destinadas aos estudantes propiciem a leitura, a fala, a argumentação e a escrita de explicação durante o ensino (LEMKE, 1997; HALLIDAY, 1993b). Para tanto necessita-se de professores preparados para tal processo.

O Mapa 9, a partir das considerações até então expostas, apresenta uma síntese das principais características da Linguagem Científica e cotidiana, características estas a serem consideradas na construção da escrita científica. No Mapa, é possível perceber as relações das funções da linguagem com este tipo de escrita.

Mapa 9 – Caracterização das linguagens comum e científica, de acordo com Halliday e Martin (1993).

Linguagem Comum	Linguagem Científica
Sequência textual - narrativas ou diálogos.	Sequência textual – descritiva, argumentativa ⁵² e explicativa, com definições e classificações.
Escrita linear e contextualizada.	Escrita estrutural, descontextualizada e densa.
Evocação de referentes empíricos.	Evocação de abstração.
Presença do agente.	Ausência do agente – nominalização – metáfora gramatical.
Voz ativa – pessoal.	Voz passiva – impessoal.
Texto dinâmico.	Texto sinóptico.
Processo expressos por verbos.	Processos substituídos por nomes – grupos nominais.
Verbos expressam ações.	Verbos indicam relações.
Participantes expressos por nomes e substantivos.	Participantes substituídos por grupos nominais.
Circunstâncias expressadas por advérbios e locuções adverbiais	Circunstâncias substituídas por grupo adverbial ou locução prepositiva que exprimem relações.
Relações entre os processos se expressam por conjunções	Grupos nominais unidos por verbos de relação.
Densidade léxica baixa.	Densidade léxica alta.
Aproximação com a fala	Aproximação com a escrita
Relacionada à ação	Relacionada à reflexão e interpretação
Tempo verbal - no passado	Tempo verbal – no presente

Fonte: Elaborado pela autora.

Com bases nas informações apresentadas no Mapa anterior, ilustra-se a seguir, como uma mesma informação pode ser escrita na linguagem comum e na científica, de acordo com Halliday e Martin (1993), por meio do uso de metáforas gramaticais.

Mapa 10 – Escrita de uma mesma informação na linguagem comum e sua reescrita na forma científica.

Escrita inicial	Participante	Processo	Circunstância	Relação entre processos	Participante	Processo	Circunstância
	O elenco	atuou	brilantemente	para	o público	aplaudir	por um longo tempo
	Substantivo	Verbo	Advérbio	Conjunção	Substantivo	Verbo	Predicativo
Reescrita	A atuação brilhante do elenco			extraiu	demorados aplausos		da plateia.
	Substantivo			Verbo causal	Substantivo		Predicativo

Fonte: Elaborado a partir de Halliday (1993b, p. 80, tradução nossa)

⁵² Mortimer (1998) defende que as construções de descrições e argumentações podem ser feitas tanto com linguagem cotidiana quanto com Linguagem Científica.

No Mapa 10, têm-se dois tipos de frases (em destaque – 1a e 2a), cada uma com suas particularidades. A primeira frase (1a) reescrita na forma metafórica, particularmente presente no discurso científico, pode ser expressa por (2a).

Outra forma de expressão extraída de Mortimer, Chagas e Alvarenga (1998, p. 9):

Ao nos referirmos a como o aumento de temperatura afeta a dissolução de sal de cozinha em água no nosso cotidiano, normalmente falamos: (1b) **quando colocamos sal em água e aquecemos, conseguimos dissolver uma maior quantidade do que em água fria.** Na Linguagem Científica, expressaríamos esse mesmo fato de uma forma diferente: (2b) **o aumento de temperatura provoca um aumento da solubilidade do sal** (Grifo e inserção nosso).

Em (1a e 1b), a linguagem comum presente na ação denota que o agente está presente (narrativa) e os verbos designam ações realizadas pelo mesmo (atuou, aplaudir, colocamos, aquecemos e conseguimos). Ademais os fatos são apresentados sequencialmente, o que garante a linearidade do discurso. Já em (2a e 2b), a nominalização dos processos fez o agente desaparecer e permite representar um processo complexo mediante um só elemento na oração, além de ‘empacotar’ a informação pertinente em uma nova estrutura facilitando o desenvolvimento da exposição. Dessa forma, as ações de atuar, aplaudir, colocar, aquecer e de conseguir estão embutidas nos grupos nominais: a) atuação brilhante do elenco (fato conhecido) e demorado aplauso da plateia (nova informação); b) aumento de temperatura (fato conhecido) e aumento da solubilidade do sal (nova informação) e ambos relacionados pelo verbo (extraiu e provoca) que agora não indica mais ação e sim de como a segunda informação se *relacionam* com a primeira. O uso da terceira pessoa reforça os argumentos ou validade aos resultados científicos.

Frases do tipo (2), encontradas em textos científicos, de acordo com Halliday e Martin (1993) permitem representar um processo complexo mediante um só elemento na oração. Além de ‘empacotar’ a informação pertinente em uma nova estrutura facilitando o desenvolvimento da exposição: um elemento novo acompanhado por um elemento dado. Esses tipos de frases possuem uma função retórica, quer dizer, permitem construir uma argumentação: o primeiro grupo nominal (o aumento de temperatura) transforma um processo em um *ente*, que passa a ser o *tema*, o ponto de partida, um dado, algo que já se conhece. Já o segundo grupo nominal (um aumento da solubilidade do sal) constitui o *rema*, uma nova informação. O resultado se torna um modo de construção de texto que avança mediante passos lógicos e coerentes, baseado cada um nos anteriores, em um movimento complexo pois “a seleção e elaboração da metáfora é em si mesma uma escolha de significados, e a metáfora selecionada adiciona mais características semânticas” (HALLIDAY, 1994, p. 342).

Aprender este tipo de linguagem não ocorre velozmente, constitui-se em um processo que depende das habilidades dos estudantes em utilizarem diferentes gêneros de leitura e escrita na aprendizagem e atribuir significados ao que faz. Em contrapartida, requer do professor atenção para os gêneros ofertados aos estudantes.

2.3 PRODUÇÕES RECENTES: MODELAGEM NA EDUCAÇÃO E LINGUAGEM E LINGUAGEM CIENTÍFICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Devido aos estudos em Modelagem na Educação Brasileira serem amplos, buscou-se organizar e apresentar um Mapa a fim de: (i) compreender as concepções de Modelagem e Linguagem e, também sobre Linguagem Científica, utilizadas pelos autores; (ii) e identificar experiências desenvolvidas na Educação Básica em alguns dos últimos estudos e pesquisas acadêmicas (2005-2014), enfim, um Mapa das produções. O Mapa foi organizado considerando estudos relativos aos últimos dez anos. Este período foi avaliado como representativo devido à ampla divulgação de pesquisas nos variados canais de comunicação que proporcionam busca significativa sobre um tema, seja ele direto ou por meio de referências que tais produções utilizam. Nesta segunda etapa apresenta-se um Mapa das produções relacionadas ao tema desta pesquisa.

Mapa 11 – Quantitativo de produções (teses e artigos) identificadas relativas ao tema da pesquisa.

Fonte	Período	Modelagem e Linguagem	Linguagem Científica	Modelagem e Ling. Científica
Banco de Teses CAPES	Teses - 2010 a atualidade	43	5	0
BDTC (IBICT)	2010-2015	76	10	0
Portal de periódicos CAPES	Últimos 10 anos	120	34	1
Artigos revisados por pares	Últimos 5 anos	81	25	1

Fonte: Elaborado pela autora.

Para a elaboração do Mapa 11 fez-se buscas em duas formas:

- na primeira, levou-se em consideração as produções sobre Linguagem na Educação (foco no Ensino Médio) e Linguagem e Modelagem Matemática;
- na segunda, considerou-se as pesquisas relacionadas à ‘Linguagem Científica’ na Educação Básica.

As produções foram identificadas por meio do levantamento de teses e artigos: no Portal de Periódicos e Banco de Teses da CAPES, na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), nos anais do ICTMA, nos repositórios das universidades e em revistas da área de Educação e Ensino (*Qualis A1-B1*). Com relação à revisão realizada nos anais do ICTMA, não se identificaram produções relacionadas ao tema Modelagem e Linguagem Científica. A busca restringiu-se aos anais das edições de 2002 a 2014 sendo realizada, primeiramente, pelas palavras relativas ao tema nos títulos e resumos de cada artigo. Como o evento contempla a Modelagem, vários são os trabalhos sobre a temática, porém nenhum deles está relacionado à Linguagem Científica.

2.3.1 Mapa das produções recentes: Modelagem Matemática e Linguagem

O Mapa das produções, constituído por uma seleção dentre as identificadas na busca, possibilitou obter informações dos estudos mais recentes, relativas ao tema desta pesquisa: Modelagem e Linguagem na Educação. Para a constituição do Mapa, durante o levantamento e a identificação das produções diversas emergidas na busca, inicialmente fez-se a leitura dos resumos a fim de facilitar uma classificação inicial. Posteriormente, depois da leitura do resumo e a seleção das relacionadas ao tema, inteirou-se das mesmas por meio de sua leitura completa. O critério de seleção das produções utilizado foi o de possuir foco de estudo em Linguagem na Modelagem ou estarem relacionadas à utilização e a aquisição da Linguagem Científica, ambos sendo realizadas com estudantes no contexto da Educação Básica.

Após o processo de garimpagem realizado, salienta-se que dentre as produções selecionadas nenhuma delas foi desenvolvida na área de Matemática, pois o tema Linguagem Científica ainda não tem sido utilizado para discussões nas pesquisas de Educação Matemática. Tal tema tem sido destinado para investigações na área de Ciências (Química, Física e Biologia). Destaca-se também, que dentre as produções identificadas, nenhuma envolvia o tema Modelagem e Linguagem Científica, embora tenha se identificado as expressões no processo de busca.

Mapa 12 – Produções recentes sobre Modelagem Matemática e Linguagem, e Linguagem Científica na Educação Básica.

ALMEIDA, L. M. W.; TORTOLLA, E.; MERLI, R. F. Modelagem matemática – com o que estamos lidando: modelos diferentes ou linguagens diferentes. <i>Acta Scientiae</i> , Canoas, v. 14, n. 2, p.215-239, maio/ago. 2012.
--

SILVA, N. S.; AGUIAR JUNIOR, O. G. A estrutura composicional dos textos de estudantes sobre ciclos de materiais: evidências de uso e apropriação da Linguagem Científica. <i>Ciência e Educação</i> , v. 20, n. 4, p. 801-816, 2014.
--

RODRIGUES, C. Abordagem CTS e possibilidades de letramento científico no projeto água em foco: tipos textuais e Linguagem Científica . 2010. Dissertação (Mestrado em Educação)- Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
--

CARMO, A. B.; CARVALHO, A. M. P. Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de Física. Ciência e Educação , v. 15, n. 1, p. 61-84, 2009.

Fonte: Elaborado pela autora.

1 – Modelagem matemática – com o que estamos lidando: modelos diferentes ou linguagens diferentes.

Neste artigo, de Lourdes Maria Werle de Almeida, Emerson Tortola e Renato Francisco Merli, os autores apresentam “discussões sobre o papel da linguagem no âmbito da Educação Matemática e das representações em atividades de Modelagem Matemática” (p. 215). Motivados pelo fato que atividades de Modelagem Matemática na sala de aula estão, na prática, ampliando-se, buscaram respostas para o questionamento: *seriam diferentes modelos associados à resolução de um mesmo problema, na verdade, diferentes linguagens, mas que guardam entre si uma certa semelhança, uma ‘semelhança de família’, como caracteriza Ludwig Wittgenstein⁵³?*

Para obter respostas ao questionamento, utilizaram como aporte teórico as considerações sobre linguagem, fundamentadas na perspectiva filosófica Wittgensteiniana bem como na semiótica, tratada no texto sob o enfoque de Charles Sanders Peirce e, no contexto da Educação Matemática mais especificamente, por Raymond Duval. O aporte empírico é baseado na concepção de Modelagem Matemática de Rodney Bassanezi. Utilizaram a concepção de modelo como sendo uma *estrutura matemática que utiliza uma linguagem específica, capaz de expressar, por meio de signos, uma situação resultante das relações e conexões entre matemática e um problema não matemático*.

Os autores consideram que o contexto leva a diferentes representações e distintos jogos de linguagem, conseqüentemente, diferentes modelos matemáticos, então apresentam modelos construídos em dois contextos: o primeiro, por estudantes das séries iniciais do Ensino Fundamental, em três atividades de Modelagem Matemática e o segundo, por estudantes do Ensino Superior. Para os autores, apoiados em Almeida, Silva e Vertuan (2012), uma atividade de Modelagem Matemática é constituída de quatro elementos:

⁵³ Destaca-se que todas as referências citadas neste Mapa das produções recentes não são referenciadas nesta pesquisa. Caso o leitor tenha interesse, deve-se dirigir a obra original para informações.

Os fragmentos retirados do texto apresentam-se em itálico.

situação-problema, matemática, processo investigativo e análise interpretativa, que culminam com a obtenção de representações – modelos matemáticos.

A partir da análise de algumas atividades, consideraram que *diferentes modelos matemáticos parecem ser diferentes linguagens, utilizadas para representar um mesmo 'sistema'*. O uso de distintas linguagens pode ocorrer em qualquer nível de escolaridade, desde as Séries Iniciais da Educação Básica até os anos finais do Ensino Superior. Não é a sofisticação da matemática que irá trazer à tona uma nova linguagem, mas sim, as formas de vida e o contexto em que as atividades de Modelagem Matemática são desenvolvidas. Portanto, se comparar *a linguagem utilizada nos modelos matemáticos por estudantes de diferentes níveis de escolaridade, elas certamente serão diferenciadas, os signos usados serão outros, pois os estudantes estão imersos em jogos de linguagem, provenientes do contexto e da forma de vida em questão*. No entanto, os conceitos envolvidos podem ser similares, o que *resguarda semelhanças de família nos diferentes modelos matemáticos, entre as diferentes linguagens utilizadas.*

2 - A estrutura composicional dos textos de estudantes sobre ciclos de materiais: evidências de uso e apropriação da Linguagem Científica.

Este artigo de autoria de Nilma Soares da Silva e Orlando Gomes de Aguiar Junior é parte da tese de Silva (2009). Os autores pretenderam *identificar os modos de uso e apropriação da Linguagem Científica pelos estudantes do oitavo-ano do Ensino Fundamental*. A motivação para o estudo decorreu da constatação da dificuldade que os estudantes apresentavam em lidar com o conceito de elementos químicos, bem como das implicações trazidas para o desenvolvimento de ideias posteriores, mais complexas. Os dados advieram de respostas dos dezoito estudantes a uma questão de pós-teste aplicado depois de concluída uma sequência de ensino sobre reações químicas. O pós-teste foi aplicado, durante cinquenta minutos, sete meses depois (trinta e seis aulas) de concluída uma sequência de ensino composto por dois capítulos do texto didático adotado. Análise dos textos orientou-se pelos seguintes questionamentos: *(1) os textos produzidos mostram o domínio de conceitos científicos de elemento químico e dos ciclos de materiais na natureza? (2) os textos produzidos trazem marcas do discurso científico e, assim, sinalizam sua apropriação?"*

A fim de *identificar o grau de uso e apropriação da Linguagem Científica pelos estudantes*, adaptaram os critérios utilizados por Mortimer, Vieira e Araújo (2010), os quais se basearam em elementos da gramática funcional de Halliday e Martin (1993). Utilizaram

como critério para a análise: presença de *nominalizações e metáforas gramaticais*; *verbos de relações*; *termos* – elementos, substância e transformação; *referentes empíricos*; *referentes teóricos*; *relação entre referentes empíricos e teóricos*; *tipo de linguagem* (científica ou cotidiana); *sequência textual predominante* (narrativa, descritiva, explicativa ou argumentativa (BRONCKART, 1999)).

Os aspectos observados para definir a aproximação da Linguagem Científica nos textos dos estudantes: *uso de entidades abstratas* (*gás carbônico, molécula, carbono, entre outros*), *evocação de processo, encadeamento conceitual correto entre tais processos e o uso de verbos de relações entre processos ou para descrever atributos das entidades evocadas no discurso*. Para classificar os textos próximos a Linguagem Científica consideraram: a evocação de *referentes empíricos, distinções ou não entre os referentes empíricos e os abstratos*, a articulação ou não dos elementos que deveriam compor a explicação, assim como *os verbos para designar ações concretas*.

Para compreender a formação de conceitos científicos em salas de aula de ciência, a análise considerou o processo de formação e evolução de conceitos a partir de Vigotsky (2001, 2003) e autores contemporâneos (LIMA; AGUIAR JR.; DE CARO, 2011; MORTIMER; SCOTT, 2003; WELLS, 2001).

Os autores consideraram que uma das principais características do texto científico (e, também, do texto científico escolar) é a presença de processos nominalizados, o que lhe confere alta *densidade léxica*. Segundo Halliday e Martin (1993), no contexto da produção e comunicação do conhecimento científico, *a nominalização permite, ainda, estabelecer relações entre processos por meio de verbos ou expressões verbais*.

Diante destes pressupostos e dos critérios ilustrados anteriormente, os resultados do estudo indicaram uma *variedade de estilos composicionais, prevalecendo a explicação narrativa mais próxima da linguagem cotidiana*. Concluíram que *o processo de apropriação é longo e que o pensamento dos estudantes, apesar de ter traços de coerência e objetividade, difere do pensamento conceitual*.

3 - Abordagem CTS e possibilidades de letramento científico no projeto água em foco: tipos textuais e Linguagem Científica.

Nesta dissertação de Clarissa Rodrigues, sob a orientação de Eduardo F. Mortimer, a autora investigou *o letramento científico de estudantes do Ensino Médio por meio da apropriação da Linguagem Científica em diferentes tipos de sequências textuais*. O interesse

pela pesquisa decorreu do contato com estagiários em sua sala de aula e da participação da autora como supervisora, na área de Química, do Projeto Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID). Foi nesta oportunidade que a autora teve contato com o Projeto Água em Foco. Sua pesquisa partiu das seguintes questões: *Os alunos se apropriaram da Linguagem Científica ou cotidiana ao produzir textos durante o projeto Água em Foco? É possível avaliar o letramento científico com base na forma que os alunos usam diferentes tipos de sequências textuais na organização do texto?*

Para isso, analisou textos produzidos por estudantes de uma escola pública estadual de Belo Horizonte que participaram do Projeto “Água em Foco”, em uma das atividades do projeto. A análise das produções pretendeu definir como o estudante se apropria da Linguagem Científica. Os dados advieram de estudantes cinco turmas do segundo ano do Ensino Médio matutino, nas quais a pesquisadora era professora de quatro aulas semanais de Química. Os cento e trinta e oito estudantes tinham entre quinze a dezoito anos de idade. A coleta ocorreu durante dois meses do segundo semestre durante o desenvolvimento do Projeto Água em Foco⁵⁴. O projeto apresenta atividades investigativas que buscam integrar o conhecimento prático e teórico. O texto constituinte do corpus de análise foi aquele destinado a publicação no blog do projeto, primando discutir a qualidade da água da Lagoa da Pampulha.

Para analisar os sessenta textos selecionados do total seguindo três critérios, utilizou o software NVIVO® (*permite codificar passagens do texto e realizar buscas de palavras, frases, dentre outros*). A análise dos textos, devidamente, codificados levou em consideração o total de palavras, a presença dos parâmetros físico-químicos e biológicos, os temas desenvolvidos nos textos, além dos tipos de sequências textuais presentes (argumentativa, descritiva, dialogal, explicativa, narrativa e com definições).

A autora verificou que os textos apresentam: *diferentes graus de apropriação da Linguagem Científica e níveis de letramento científico dos estudantes; heterogeneidade de sequências* em sua organização, tendo uma *presença marcante das sequências argumentativas*; uma *hibridização* das linguagens cotidiana e científica. No entanto, a pesquisa não apresenta critérios para definição desses níveis de linguagem científica.

⁵⁴ Esse projeto propõe discutir alguns conceitos químicos a partir de uma abordagem que considera as relações entre ciência, tecnologia e sociedade que permeiam as discussões sobre a qualidade da água em ambientes urbanos, partindo de uma situação local que é a qualidade da água da Lagoa da Pampulha, cartão postal da cidade de Belo Horizonte. (RODRIGUES, 2010).

4 - Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de Física.

Neste artigo de autoria de Alex Bellucco do Carmo e Anna Maria Pessoa de Carvalho, analisou-se a *construção da linguagem gráfica em uma sequência de aulas sobre calor e temperatura, inserida em um laboratório investigativo* aberto. Dois foram os motivados para o estudo: 1) presença de funções e elaboração de gráficos nas aulas de Física; e 2) evidência de que a linguagem que veicula na sala de aula difere daquela utilizada pelos cientistas. O estudo se pautou na seguinte indagação: *Como, em uma sequência de ensino por investigação, alunos e professor articulam a linguagem gráfica com as outras linguagens para construir os significados científicos?*

Para responder a questão, os autores desenvolveram a parte empírica em uma turma de segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública da rede estadual de ensino de São Paulo. Os dados advieram de filmagens gravadas no ano 2000, as quais foram transcritas e classificadas em momentos expressivos da linguagem matemática. A sequência didática descrita na pesquisa se referiu à atividade de laboratório iniciada na quarta aula, cuja pretensão era responder como a água aquece. Na sequência, o foco principal estava sobre a representação gráfica dos dados tabulados a respeito do aquecimento da água.

Para analisar a atividade de laboratório selecionada, realizaram uma *revisão sobre como funcionam as linguagens científicas* (que adquirem um sentido mais completo dentro de uma concepção cultural da Ciência). Desse estudo bibliográfico, emergiu a importância da *linguagem matemática e algumas implicações para o ensino de ciências*. Sendo assim, o aporte teórico pautou-se na concepção de aprendizagem como *enculturação*, quer dizer, *aprender Ciência é se envolver na cultura científica, apreendendo parte de suas linguagens, métodos, processos e práticas, adquirindo novas visões de mundo e ampliando as antigas* (CAPECCHI, 2004; CAPECCHI, CARVALHO, 2002; DRIVER et al., 1999; MORTIMER, MACHADO, 1996). Também se fundamentaram nas características da atividade científica de Lemke (1998) com os recursos tipológicos e topológicos da linguagem e sobre linguagem gráfica, Roth (2003).

Os dados evidenciaram que *o papel do professor na medida em que ele articula as linguagens à sua disposição (oral, escrita, representações visuais entre outras), pelos processos de cooperação e especialização, torna o fenômeno visível ou transparente no gráfico e vice-versa aos olhos dos estudantes*. No processo, o professor *procurou traduzir a linguagem coloquial e fenomenológica em Linguagem Científica, ressaltando as características tipológicas e topológicas de cada linguagem*. Além disso, foi possível o

desenvolvimento de diversas características da atividade científica (em especial da Física), a saber: *natureza do gráfico científico, reconhecer as características da curva obtida, ajustar uma reta aos pontos obtidos, entender as flutuações nas medidas, verificar a influência do observador na medida, arredondamento das medidas, sincronia das medidas – tempo de reação, interpretar o fenômeno usando conceitos apreendidos, definir conceitos úteis (“Desvio Experimental” e “Reta Média”) e ajuste de curvas*. Destaca-se também o processo propiciado pela professora para que os estudantes observassem e fizessem uso de várias linguagens matemática das quais a Física se apropria. Os autores destacam que a forma de trabalho da professora proporcionou condições para uma enculturação (incluindo aspectos da linguagem gráfica) e trabalhar com vários tipos de linguagens (oral, escrita, gestual, visual e matemática) possui relevância para o ensino de Física.

2.4 CONSIDERAÇÕES DESTE MAPA TEÓRICO

O intuito deste capítulo foi a obtenção de aporte teórico empírico e analítico, o qual foi dividido em duas partes: embasamento teórico e produções recentes pertinentes ao tema. Nele apresentaram-se as definições de termos que envolvem a pesquisa - Modelagem e Linguagem - pertinente para responder à questão da pesquisa: ao expressar por meio de uma publicação escrita o trabalho desenvolvido com Modelagem, *como os estudantes expressam a Linguagem Científica nas produções? Em que medida a Modelagem Matemática contribui para o desenvolvimento da Linguagem Científica?*

Cada um das partes constituintes deste Mapa Teórico contribui para a edificação desta tese. A seguir, apresentam-se algumas das contribuições:

- Modelagem na Educação - aporte teórico para obtenção de dados – apresenta conceitos e definições, características e etapas de um processo de ensino e pesquisa utilizado na Educação para instigar os estudantes a aprender matemática e ao mesmo tempo, a iniciarem o processo de pesquisa;
- Linguagem – aporte analítico – além dos conceitos e definições de vários autores, esta parte do aporte contribui para a compreensão de como cada autor considera este sistema que visa à produção de significados. Subsidiaria o entendimento de como a pessoa, a utilizar-se dela em determinado contexto, produz significados e expressa, em particular, de forma escrita. O aporte referente à Linguagem Científica contribui para o reconhecimento das principais características deste tipo de linguagem, as quais subsidiam a indicação de categorias prévias de análise;

- Produções recentes, estudo realizado no final do Mapa Teórico, contribui para compreensão das produções relacionadas ao tema e situar esta pesquisa no espaço das existentes. Dentre as produções identificadas, nenhuma delas foi desenvolvida na área de Modelagem ou contou com aporte empírico a Modelagem. Neste sentido, defende-se que a presente tese pode contribuir com o acervo de Modelagem na Educação brasileira, em particular, e demais Grupos de Pesquisa internacional. A contribuição refere-se: (i) no apontamento de critérios para a avaliação da Linguagem Científica na Modelagem; e (ii) subsídios, para que os que da Modelagem fazerem uso, possam expressar com mais características de Linguagem Científica.

A seguir, apresentam-se Mapas síntese das principais definições/conceitos dos temas da pesquisa, Modelagem e Linguagem, apresentados ao longo deste capítulo e considerações a respeito de cada aporte.

Mapa 13 – Resumo das definições de Modelagem.

Bassanezi (2006)	Arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e de resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real. Concebe como estratégia de ensino e aprendizagem e também como método científico. Quando utilizada na Educação, utiliza a denominação de Modelação Matemática, com foco principal na formação de professores.
Blum (1993)	Processo de construção de modelos oriundos de situação real ou processo de resolução de problemas aplicados ou qualquer forma de conectar o mundo real com a matemática.
Biembengut (2014)	Processo envolvido na elaboração de modelo de qualquer área do conhecimento. Processo de pesquisa. Na Educação, concebe a Modelagem como método de ensino e pesquisa a ser utilizado em qualquer nível de escolaridade.

Fonte: Elaborado pela autora.

Entre as definições de Modelagem, destaca-se a concepção de Biembengut (2014), a qual foi adotada nesta pesquisa. As três concepções enfocam a tarefa de envolver a matemática, para elaboração de um modelo, no processo de resolução de uma situação-problema que façam sentido para aquele que a realizar. A concepção de Blum (1993) não tem enfoque maior no estudo de conceitos matemáticos e sim, na resolução do problema a partir da construção de um modelo.

Das definições elencadas, as de Vygotsky, L. S. e Halliday, M. A. K. constituem o aporte analítico da pesquisa. Ao considerá-las, pressupõe-se que a linguagem a qual o estudante tem contato e faz uso depende de aspectos intra e intermental, considerações aprofundadas por estes teóricos respectivamente. Nesta perspectiva, a linguagem escrita dos

estudantes, que se analisa nesta pesquisa, constituiu-se em material elaborado e abstrato decorrente das interações com o meio e ações de pensamento. Os aportes de Vygotsky subsidiam todo processo interno requerido ao estudante para expressão da linguagem escrita, ao passo que as contribuições de Halliday sustentam a necessidade de levar-se o contexto em consideração na elaboração de um texto, visto que o significado não reside na linguagem e sim no uso social feito pelos que a utilizam.

Mapa 14 – Resumo das definições de Linguagem

Vygotsky (1996)	Linguagem como meio mais complexo para viabilizar a comunicação, a vida em sociedade, sendo também por meio dela que aprende-se a pensar. Instrumento semiótico.
Bakhtin (2002)	Constante processo de interação entre as pessoas mediada pelo diálogo, não se resumindo não apenas como um sistema autônomo de comunicação. Linguagem como uma ferramenta mediadora e organizadora, essencial para a formação do sujeito e de sua consciência.
Maturana (2002)	Linguagem como uma forma especial e sofisticada de interação e comunicação entre dois organismos vivos; um fenômeno biológico, que consiste num operar recorrente, em coordenações de coordenações consensuais de ações.
Halliday (2001)	Linguagem como semiótica social. Linguagem é um dos sistemas semióticos que se constituem uma cultura e que se distingue também porque atua como sistema de codificação para vários outros, é um sistema para produzir significados. A linguagem tem importante função no desenvolvimento da criança como ser social.

Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação à Linguagem Científica, esta pode ser percebida tanto na linguagem oral quanto na linguagem escrita. Devido ao fato do objeto da pesquisa se referir a escrita dos estudantes do Ensino Médio Integrado, parte do Mapa Teórico aborda este tema. A fim de que possa entender os fatores que são e deverão ser considerados no exercício da linguagem escrita, seja comum ou científica.

Halliday (1993b), ao pesquisar Linguagem Científica, analisou diferentes textos científicos e dirige atenção, em especial, à taxonomia técnica e à metáfora gramatical como fortes características linguísticas. Porém, destaca ainda, outras delas presentes na escrita neste tipo de linguagem, como: definições interligadas, densidade léxica e descontinuidade semântica. O autor sugere sete tópicos que podem ser usados para ilustrar e discutir as dificuldades que são características na Linguagem Científica, dispostos no Mapa 15, a seguir.

Mapa 15 – Resumo característico das dificuldades na Linguagem Científica, segundo Halliday (1993b).

Definições interligadas	Refere-se ao encadeamento das definições apresentadas, as quais vão sendo mutuamente definidas por intermédio de outros termos de domínio da pessoa. Esta tem que primeiro chegar ao entendimento de um grupo de conceitos relacionados, tudo ao mesmo tempo, e em seguida usar imediatamente esse entendimento a fim de obter mais conceitos a partir dos primeiros;
Taxonomias técnicas	As taxonomias não são, simplesmente, um grupo de termos relacionados; são construções altamente ordenadas nas quais cada termo tem uma definição funcional;
Expressões especiais	Cada ciência ou cada grupo social possui na linguagem algumas expressões que são próprias, fazendo bem o sentido naquele meio. A Matemática possui expressões gramaticais especiais para a expressão de certas ideias, fazendo com que a frase fique alongada;
Densidade léxica	Refere-se à medida da densidade da informação em qualquer passagem do texto, de acordo com o significados dos itens léxicos presentes na estrutura gramatical do texto. Quer dizer, proporção de palavras de conteúdo no texto, tais como substantivo, adjetivos, verbos e advérbios;
Ambiguidade sintática	Ocorre quando em afirmações/proposições não é distinta a relação de causa ou evidência (efeito), não sendo claro o significado que se destina, ou seja, são polissêmicos e imprecisos. Geralmente, a ambiguidade não é percebida até que seja reescrita de outra forma;
Metáfora gramatical	Relacionada aos últimos dois itens, não se refere apenas à troca de palavras (metáfora léxica). Consiste na mudança de uma classe ou estrutura gramatical por outra, nominalizando processos e fenômenos que se transformam em coisas, objetos e substituídos por substantivos. Consiste em uma das mais importantes características da Linguagem Científica;
Descontinuidade semântica	Consistem em saltos semânticos feitos pelos escritores nos quais conclusões são feitas a partir de premissas não explícitas, anteriormente, ou por falta de uma ligação na rede de relações.

Fonte: Baseado em Halliday (1993b).

Com relação às produções acadêmicas recentes relativas à linguagem e Modelagem, observa-se que o tema não se constitui foco comum de estudos e naqueles que existem, a linguagem é tratada sob a perspectiva filosófica e não linguística. Portanto, a Modelagem não se compõe ainda em aporte empírico para análise linguística da linguagem no processo de ensino e de aprendizagem no Ensino Médio. Já em relação à Linguagem Científica, os estudos concentram-se na análise de práticas pedagógicas presentes em todos os níveis da Educação Básica (produção individual e não em grupos), porém com evidência na área de ciências naturais: Química, Física e Biologia. Nesta área, ela é analisada tanto na linguagem escrita dos estudantes como nas interações ocorridas na sala de aula, entre professor e estudante.

Com base nestas informações, justifica-se a realização da presente tese considerando inexistência de estudos linguísticos na Modelagem como método de pesquisa e ensino. Sendo assim, a análise da produção escrita dos estudantes do Ensino Médio decorrente da expressão do processo de Modelagem considera, nesta pesquisa, as sugestões apresentadas por Halliday

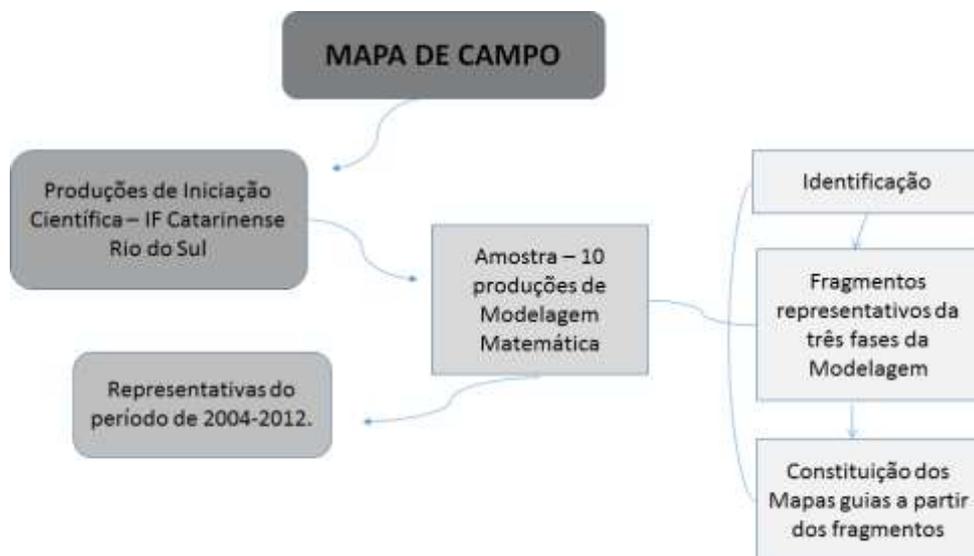
(1993b), com o objetivo de *analisar a Linguagem Científica de estudantes do Ensino Médio Integrado expressa nas produções escritas de Modelagem, procurando identificar como e em que medidas o método contribui para o desenvolvimento desse tipo de linguagem.*

3 MAPA DE CAMPO

O Mapa de Campo considera o aporte de Biembengut (2008) que defende que os mesmo “conjuga levantamento, organização e classificação de um conjunto de dados” (p. 101) extraídos de documentos (relatórios finais dos trabalhos ou artigos produzidos pelos estudantes). Defende-se que tais documentos são fontes pertinentes e suficientes para o estudo, que buscam retratar o fenômeno a ser investigado. As informações selecionadas são consideradas relevantes ou significativas, necessárias como um Mapa para compreender os entes pesquisados.

Biembengut (2008) destaca que os dados empíricos para a elaboração do Mapa de Campo advêm de várias fontes e por meio da utilização de múltiplos recursos ou técnicas, de modo a permitir ao pesquisador “captar a complexidade da questão ou do fenômeno investigado” (p. 101). A observação, o questionário, a entrevista, os documentos, as imagens se tornam alguns exemplos de recursos para obtenção de dados.

Mapa 16 – Constituição do Mapa Teórico da pesquisa.



Fonte: Elaborado pela autora.

Nesta pesquisa, os dados advêm de produções escritas extraídas de documentos datados de 2004 a 2012, oriundas de um trabalho de iniciação à pesquisa desenvolvidas durante doze a dezesseis meses, por estudantes do Ensino Médio Integrado da Escola

Agrotécnica Federal de Rio do Sul (EAFRS)⁵⁵ - atual Instituto Federal Catarinense – Campus Rio do Sul, em Iniciação Científica⁵⁶ ou, posteriormente a ela. As produções finais dos estudantes, expressas na forma de relatório, artigo ou resumo expandido, por vezes registram a utilização de Modelagem Matemática para a resolução do problema proposto.

Para analisar a Linguagem Científica dos estudantes, fez-se levantamento das produções de Iniciação Científica de Ensino Médio na biblioteca da instituição, expressas na forma de relatório ou artigo, reservando-se as que utilizaram Modelagem Matemática para resolução do problema. Para compor o *corpus* de análise considerou-se o período de produções recentes, datadas de 2004 a 2012. Delas, constituiu-se amostra de dez produções cuja escolha considera: (i) representatividade no decorrer de oito anos, período expressivo de produções de Modelagem; (ii) o processo de Modelagem Matemática. Assim, por meio de apurada leitura, inicialmente escolheu-se uma por período, tendo por critério, aquela que melhor apresentava o desenvolvimento das fases da Modelagem; e, completando um total de dez produções, escolheu-se do período de amostra, mais duas que a autora da pesquisa julgou relevante considerando os critérios. Das dez produções que compõe o *corpus*, três delas a autora desta pesquisa realizou o processo de orientação e em outras quatro, participou como coorientadora dos trabalhos. Defende-se que tal aspecto não interfere na análise uma vez que na ocasião de sua elaboração não se pretendia analisar a linguagem científica dos trabalhos.

Destaca-se que as produções não foram consideradas na íntegra para a análise devido a extensa quantidade de informações, cerca de trinta e cinco páginas cada uma. Após leitura na íntegra, julgou-se necessário reduzir tais produções apenas para uma síntese constituída de ‘fragmentos-chave’ do trabalho original, de modo a não se modificar as ideias essenciais contidas neles. Essas sínteses, com aproximadamente quatro a cinco páginas, denominadas de Mapas-guia, reúnem informações necessárias e indispensáveis para a análise, como: origem e temporalidade dos dados; característica do contexto dos estudantes, do curso e da disciplina;

⁵⁵ A EAFRS criada pela Lei Federal n. 8.670 em 30 de junho de 1993, teve suas atividades letivas de Ensino Médio (na época, 2º grau) iniciadas no dia 05 de junho de 1995 e estava estruturada e fundamentada no modelo pedagógico Sistema Escola Fazenda. Mediante projeto de lei assinado em 29 de dezembro de 2008, passou a ser denominada como Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense – Campus Rio do Sul ou Instituto Federal Catarinense (IFC) – Campus Rio do Sul (SCHELLER, 2009).

⁵⁶ “Disciplina da parte diversificada do currículo que busca levar o estudante ao contato (talvez o primeiro) com a pesquisa científica. A disciplina visa disponibilizar condições teórico-metodológicas básicas para que o estudante se insira no contexto da produção científico-tecnológica, entendendo que: a ciência é responsável pela produção e sistematização do conhecimento; consiste no estabelecimento das relações entre os elementos formando um todo articulado, elevando o grau de desenvolvimento do conhecimento; é condição essencial para a construção/reconstrução conceitual e da produção tecnológica. A disciplina é ministrada por, no mínimo, dois professores de diferentes áreas do conhecimento e cada produção possui ainda um professor orientador. Ela é vivenciada pelos estudantes nos três primeiros semestres do Ensino Médio Integrado” (SCHELLER, 2009, p. 47-48).

motivações e circunstâncias em que foram elaborados. A escolha dos fragmentos e sua distribuição na síntese foram realizadas considerando primeiramente a concepção de cada fase e subfase da Modelagem, a saber:

- 1ª fase - *Percepção e apreensão*: refere-se ao o reconhecimento e delimitação do problema; e a familiarização com o assunto modelado (consiste posteriormente em pequeno referencial teórico);
- 2ª fase - *Compreensão e explicitação*: nesta fase, após a inteiração com o tema, há a formulação do problema, elaboração questões e apontamento de hipótese; posteriormente, tem-se a formulação do modelo e a resolução do problema a partir do mesmo;
- 3ª fase - *Significação e expressão*: tem-se a interpretação da solução encontrada; uma avaliação do modelo procurando verificar se ele é ou não válido e a expressão do processo e do resultado.

Para a constituição de cada Mapa-guia, codificados como Mapa-guia 01, Mapa-guia 02, ..., Mapa-guia 10, por meio de acurada leitura de cada produção, extraiu-se fragmentos referentes a cada uma das três fases e subfases da Modelagem de Biembengut (2014), para ilustrar a presença do método nos trabalhos dos estudantes. Destaca-se que as produções originais não se encontram registradas neste modelo e as categorias de análise ainda não estavam definidas.

Mapa 17 – Resumo dos procedimentos para a obtenção de dados para a análise.

1	Levantamento das produções de Iniciação Científica de Ensino Médio na biblioteca da Instituição;
2	Identificação das produções que utilizaram os procedimentos de Modelagem, por meio de atenta leitura e escolha de amostra;
3	Estudo das fases da Modelagem e escolha de fragmentos representativos de cada uma das três fases da Modelagem para constituírem cada Mapa-guia.
4	Elaboração dos dez Mapas-guia por meio de fragmentos-chave de cada uma das produções divididos nas fases e sub-fases da Modelagem.

Fonte: Elaborado pela autora.

3.1 O CONTEXTO EMPÍRICO

Destina-se esta parte do capítulo à apresentação do local em que as produções dos estudantes se materializaram, caracterização do ambiente e dos autores que vivenciaram o processo de Modelagem.

Para essa pesquisa, os dados foram obtidos em uma Instituição Pública do Sul do Brasil - Instituto Federal Catarinense – Campus Rio do Sul⁵⁷ - localizada na região central do Estado de Santa Catarina, que oferta Educação Profissional Técnica de nível médio articulada com o Ensino Médio, também, o Ensino Superior. A Instituição iniciou as suas atividades em 1995, sob a denominação de Escola Agrotécnica Federal de Rio do Sul, permanecendo este nome até 2008 quando por ocasião da Lei n. 11.892 de 29 de dezembro passou a ser denominada de Instituto Federal. No início de suas atividades se priorizava a oferta de Ensino Técnico Integral voltado para a área agrícola, com os Cursos de Técnico em Agropecuária nas modalidades concomitante e subsequente ao Ensino Médio. Em sequência, outros Cursos foram oferecidos, como Técnico em Agroecologia (ofertado na modalidade concomitante ao Ensino Médio) e Técnico em Florestas (subsequente), todos eles ofertados na unidade sede. Na atualidade, a instituição dispõe de outros Cursos nas modalidades integrado e subsequente ao Ensino Médio, em áreas diferentes da atividade agrícola, como Técnico Integrado em Informática, Técnico em Agrimensura e Técnico em Eletroeletrônica.

A prática da pesquisa sempre esteve presente na Instituição, por esta razão que uma equipe escolar implantou em 2000, o projeto de Iniciação Científica. Este fortaleceu as pesquisas desenvolvidas na Instituição e, especialmente, socializadas à comunidade em geral, por meio de Feira Escolar: FETEC – Feira de Conhecimento Tecnológico e Científico, vigente até os dias atuais, neste caso, 2015.

Regulamentado em 2005 o projeto tem como principal papel agir como desfragmentador entre o Ensino Médio e o Ensino Profissional. O Projeto é um trabalho contínuo de Educação Científica básica e procura incentivar os estudantes ao [...] contato com a pesquisa elementar. Inserido na matriz curricular da EAFRS, o objetivo essencial do projeto é despertar maior interesse pelo processo ensino-aprendizagem por meio da iniciação à pesquisa científica, que proporciona condições para a elaboração e aprofundamento de conhecimentos científicos e tecnológicos. Além disso, contribui para instigar no educando a necessidade de uma nova forma de realizar leituras do mundo, observando como ocorre o trânsito entre o conhecimento empírico e científico (SCHELLER, 2009, p. 48).

A implantação desse Projeto em 2000 proporcionou que a Iniciação Científica passasse a ser uma disciplina da matriz curricular dos dois cursos da unidade sede, a partir de 2010. A vivência da Iniciação Científica, seja como componente curricular ou extracurricular, no Ensino Integrado desses dois Cursos (Técnico em Agropecuária e em Agroecologia), oportunizou a realização de vários estudos com enfoque agrícola. A maior parte desses ocorre

⁵⁷ Devido ao fato de que todas as produções foram elaboradas nesta instituição, não será repetido no texto a seguir o espaço empírico.

ao longo do processo de doze a dezesseis meses por estudantes que, individualmente ou em grupos de até três componentes, pesquisam sobre *tema* de seu interesse à busca de resposta ao problema proposto, expressando o processo e resultados na forma escrita. Neste período são orientados por um professor, em geral da área do tema, e também contam com as orientações teórico-metodológicas dos professores durante as aulas de Iniciação Científica. A produção dos estudantes sempre é registrada em linguagem escrita na forma de relatórios, resumos ou artigos. Normalmente, arquiva-se na biblioteca ou setor de pesquisa da instituição. Além disso, é incentivada a socialização oral em eventos científicos e tecnológicos como a FETEC, Encontro Catarinense de Iniciação Científica, Mostras de Iniciação Ciência e Tecnológica Interdisciplinar e Feiras de Matemática. Algumas delas utilizam Modelagem Matemática durante o processo para a resolução dos problemas e análise dos resultados e se constituíram potencial interesse para essa pesquisa.

A presença de docentes nos grupos de estudo sobre a Iniciação Científica, de pesquisa sobre as Feiras de Matemática e a participação dos estudantes nos eventos da área tem sido imprescindível para o fortalecimento e o avanço da pesquisa elementar na Instituição.

3.2 DESCRIÇÃO DAS PRODUÇÕES

A seguir, apresentam-se Mapas-guia de dez produções dos estudantes de Ensino Médio Integrado, os quais compõem o aporte empírico para a análise da pesquisa. Destaca-se, nesta parte do Mapa de Campo, que a linguagem escrita utilizada na síntese de cada produção é constituída de ‘fragmentos-chave’ para orientar a análise, não sendo realizadas modificações nas mesmas. Os escritos são todos constituintes da versão original da produção dos estudantes. Em cada produção apresenta-se inicialmente síntese elaborada pela autora da pesquisa, seguida do estudo do trabalho escrito, cujos fragmentos-chave foram distribuídos nas três fases da Modelagem e também nas subfases. A escolha dos fragmentos e sua distribuição, realizada pela autora da pesquisa, considera a concepção de cada fase da Modelagem. Destaca-se que as produções originais não se encontram registradas neste modelo.

3.2.1 Mapa-guia 01 - Modelagem Matemática no controle da produção de leite de animais da raça holandesa.

Estudantes componentes: Kamyla Teixeira Ferreira e Janayna Elaine Panoch.

Curso: Técnico em Agroecologia.

Profª Orientadora: Morgana Scheller.

Período do estudo: 26/11/2010 a 20/10/2011, em espaço extraclasse.

1 Síntese do estudo

Apresenta-se modelo da ‘curva de lactação’ das vacas leiteiras a partir da produção inicial para que auxilie no controle da produção de leite durante a lactação. Dados advieram de sessenta e duas lactações de animais de raça holandesa do IFC, no período entre 2005 a 2009. Verificaram que a produção de leite no pico foi 34% maior que no início da lactação e, no final, 72% da lactação inicial. Tal modelo permitiu: 1) registrar a produção de leite do animal durante a lactação (curva real); 2) simular e controlar a curva de lactação da produção inicial (curva ideal); 3) identificar problemas caso a produção não se consolide. A seguir, síntese do trabalho escrito dividido nas três fases da Modelagem e também nas subfases.

2 Estudo em fases e subfases da Modelagem

2.1 Percepção e Apreensão⁵⁸: 1ª fase

Nesta fase, os estudantes buscam *reconhecer a situação problema*, a partir dos dados obtidos no estudo, e registram:

A curva de lactação é uma representação gráfica da produção média de leite de uma vaca leiteira em função do período da lactação e pode ser utilizada para estimar a produção de leite em qualquer período ou no transcorrer da lactação, [...] Figura 1. O conhecimento do comportamento das curvas de lactação de um rebanho pode auxiliar o produtor na adequação de técnicas de alimentação e manejo, no descarte e na seleção de animais (de acordo com um padrão desejável, preestabelecido conforme a capacidade de produção). Esta objetividade tem como função a otimização dos processos adotados para controle da produção leiteira atual (COLDEBELLA, 2003).

Na sequência, *familiarizam-se com o assunto conforme:*

A atividade de produção leiteira é desenvolvida por agricultores da região A, que utilizam para este fim, diferenciadas raças de animais que apresentam características de adaptabilidade ao local de criação e também ao sistema de produção adotado. Além de garantir o fornecimento de leite a laticínios e indústrias de beneficiamento para produção de seus derivados, a grande produção leiteira é estimada dentro de atividades e centros rurais por movimentar e gerar atividade econômica local.

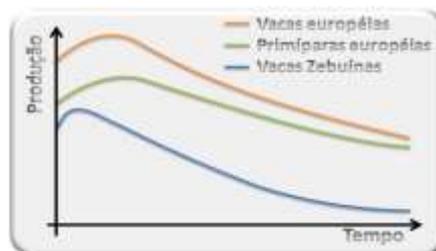


Figura 1 - Curvas de lactação de vacas das principais raças leiteiras

Fonte: Croche (2009)

Para que um rebanho ou animal produza leite satisfatoriamente é necessária à escolha de raças que tenham genética favorável ao máximo aproveitamento de produção destinada a este fim, adoção de manejo alimentar e sanitário de qualidade e com seriedade, considerando-se ainda o

⁵⁸ A abordagem do tema feita no início do trabalho, seguida da justificativa, estão situadas na primeira parte da introdução do relatório dos estudantes.

bem-estar animal. A maioria dos produtores com índices de pequena e média produção não exerce: controle diário da produção dos animais, tão pouco simulam a visualização da mesma comparando com o padrão ideal de produção, o que pode levar a prejuízos por desconhecimento do panorama de sua propriedade.

Tendo em vista que a condução futura do rebanho é sempre desejada pelos produtores, os cuidados que estes têm para com o manejo e a sanidade dos animais é importante para garantir que a produtividade e estabilidade sejam evidentes na produção. Para [...] visualização da produtividade e [...] auxiliar nas decisões [...] referentes aos procedimentos com os animais, o agricultor pode utilizar planilha ou método de monitoramento da produção diária, preferencialmente.

2.2 Compreensão e Explicitação: 2ª fase

Nesta fase, eles estudam os dados e *formulam o problema* a partir do conhecido que dispõem.

Estudou-se dados de 62 lactações de animais da raça holandesa, registradas de 2005 a 2009, oriundas do setor de zootecnia do IFC. Os dados sobre a produção de leite obtidos na análise das planilhas remeteram ao estudo [...] elaborado de 24 curvas próximas ao modelo literário indicado por Croce (2010) e Martínez (2010). [...] Outras curvas de lactação não possuíam características semelhantes ao modelo, [...] conforme Figuras 2, 3 e 4.

Figura 2 - Curvas de lactação do animal 583, da raça Holandesa Pura, [...]

A curva da lactação 1 expressa na Figura 1 apresenta comportamento diferente daquele indicado na literatura, já a segunda curva do mesmo animal apresenta dados favoráveis comparados ao modelo literário.

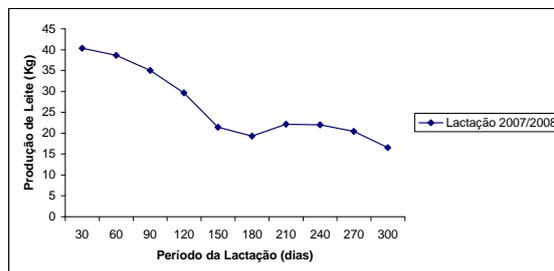


Figura 3 - Curva de lactação do animal 795, da raça Holandesa Pura, [...].

A curva de lactação expressa na Figura 2 apresenta aspecto totalmente diferente do modelo apresentado como ideal, segundo Croche (2010).

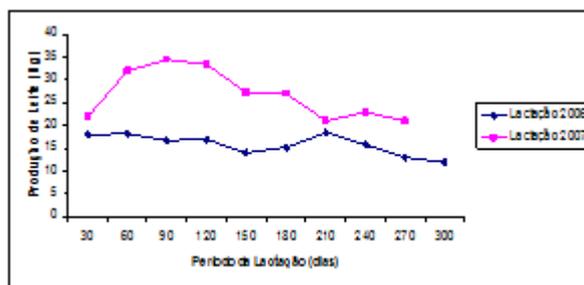


Figura 4 - Curvas de lactação do animal 190, da raça Holandesa Pura, [...].

Problema: Um instrumento de projeção e controle da produção de leite (por meio de um modelo matemático baseado na produção inicial do animal da raça holandesa), é capaz de ser obtido para auxiliar o produtor da região do Alto Vale do Itajaí a otimizar o processo e ter um panorama de sua propriedade? Este instrumento terá capacidade de projetar junto a um modelo matemático da curva de lactação, uma curva real de qualquer animal da raça holandesa? Caso as perspectivas concluam-se, qual será o grau de otimização analisado pelos produtores do benefício do método de controle?

[...]

Objetivo: Elaborar um instrumento capaz de exercer o controle e projeção da produção de leite no período da lactação a partir da produção inicial, baseado em modelo matemático representativo da curva de lactação das vacas leiteiras da raça holandesa.

[...] Para isso, precisamos [...] entender: o conceito de modelagem matemática basicamente; entender as relações entre os períodos de lactação expressos graficamente a partir de um modelo ideal encontrado na literatura [...] o início da lactação até o[...] pico, e ainda, o período de início de declive na produção a partir do pico até o período seco do animal. [...]

E na sequência, buscam formular o modelo, utilizando-se de tecnologias disponíveis obtidos no estudo, e registram:

Com base nas figuras anteriores verifica-se que as curvas de lactação dos [...] animais apresentam comportamento variado e que um mesmo animal apresenta curvas diferentes de lactação, o que exige por parte do produtor maior cuidado no manejo e alimentação. Uma produção fora dos padrões pode significar uma não otimização dos lucros.

As curvas de lactação dos animais do IFC apresentam características que remetem a uma maior atenção no cuidado, porém alguns animais apresentam características próximas das ideais. Realizando um ajuste de curvas obtive o modelo matemático que relaciona a produção de leite em função do tempo de lactação. O modelo fornece dados sobre a lactação como taxa de declínio da produção, pico de lactação, entre outros.

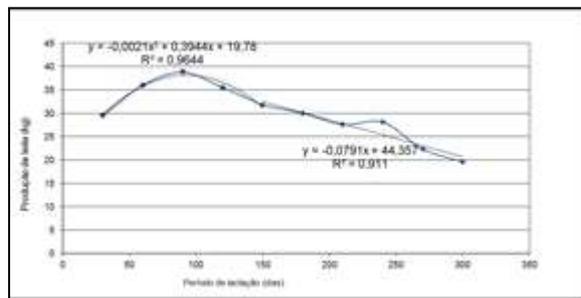


Figura 5 –Modelo matemático representativo da curva de lactação do animal 190, [...].

A expressão $y = -0,0013x^2 + 0,2231x + 27,771$ representa o modelo que descreve a curva de lactação e necessária para se determinar o momento em que ocorreu o pico. O pico de produção representa o ponto máximo de produção de leite do animal. O modelo matemático determina a produção de leite em função ao período de lactação e através dele é possível determinar o pico de lactação representado pelo vértice.

O y_v indica a produção máxima de leite e x_v , o período que ocorreu o pico.

$$x_v = \frac{-b}{2a} = \frac{-0,2231}{-0,0026} = 86$$

De acordo com o modelo, o pico de produção ocorreu por volta dos 90 dias de lactação [...] e não [...] no tempo indicado por Coldebela (2003); o que pode caracterizar problemas no manejo e alimentação ou clima das estações do ano.

Após o pico de lactação o animal decresce sua produção gradativamente, conseqüentemente a curva apresenta comportamento decrescente e constante, o que caracteriza um ajuste linear. A escolha por este modo de ajuste foi baseada no aspecto da curva presente na literatura. [...] coeficientes determinam as propensões dos pontos dispostos no plano cartesiano, portanto em análise optamos por determinar a modelo através de função polinomial de primeiro e segundo grau.

Nesta divisão interpretamos a presença de dois tipos de comportamento da curva de lactação, o primeiro que vai da produção inicial (P_o) até a produção no pico (P_p) apresentando propensão a curvatura que é representada por função polinomial de segundo grau. E ainda o segundo que vai da P_p até o valor da produção final (P_f) apresentando valores decrescentes e constante o que nos leva a representação mediante utilização de função polinomial de primeiro grau.

A primeira sentença da modelo, representada por $f(x) = ax^2 + bx + c$, considera o coeficiente “c”, que intercepta o eixo y do plano referencial, como o valor da P_o . O coeficiente “a” terá valor negativo, pois a concavidade da parábola se apresenta voltada para baixo, uma vez que a produção de leite aumenta até chegar a seu pico (vértice da parábola). Sendo assim, o coeficiente

“b” será positivo, pois indicará que a produção terá comportamento crescente após a produção inicial.

Considerando $f(x) = ax + b$ a partir de 90 dias até o período de 300 dias, teremos o coeficiente angular indicando a variação negativa da produção de leite, o que caracteriza ser uma função decrescente. [...]

Tabela 1: Relação Percentual apresentada pelas lactações dos respectivos animais

Animal	Produção inicial (Po)	Produção pico (Pp)	Produção final (Pf)	Percentual no Pico	Percentual no final
109	22	34,6	21,1	1,57	0,96
240	29,5	38,8	19,6	1,31	0,66
240	20,4	29,2	17,5	1,43	0,86
799	25,8	32,2	19,6	1,248	0,76
792	24,9	31,4	14,6	1,26	0,59
808	24,3	29,7	10,8	1,22	0,44

Com estes dados, estabelecemos a relação média dada por:

Relação Média Produção no Pico - $\frac{\sum_{total} [\dots]}{6}$ Então: $\frac{\sum_{total} = 8,050682474}{6} = 1,341780412$ ou seja, a produção de leite no pico é 34% maior que a produção inicial. Logo temos $Pp = 1,34Po$.

Relação Média Produção Final - $\frac{\sum_{total} = 4,271820644}{6} = 0,711970096$. A produção de leite no final da lactação é 71% da produção inicial, logo $Pf = 0,71Po$.

Em seguida, os estudantes resolveram o problema a partir do modelo, como segue:

O modelo [...] é composto de duas sentenças: a primeira [...] descreve a produção de leite [...] do início até o pico (90 dias); [...] a segunda [...] para a produção do pico até o animal secar o leite (de 90 a 300 dias). A escolha [...] foi baseada no aspecto da curva presente na Figura 2: a primeira parte, [...] a curva assemelha-se a uma parábola; [...] na segunda, a produção decresce constantemente podendo ser modelada por uma reta. O modelo genérico foi obtido em função da produção inicial de leite.

[...]

Dado $f(x) = ax^2 + bx + c$, [...] podemos relacionar [...] o coeficiente “c” [...] à produção inicial (Po) e o vértice da parábola [...] ao pico de lactação, [...] aos 90 dias. Temos [...] (Po) [...] o ponto (0, c) [...] e a Produção de leite no pico (Pp) – 34% maior que Po, ou seja, $Pp = 1,34Po$. A coordenada do vértice é representada por (90, 1,34c).

Se $x_v = \frac{-b}{2a}$ e $y_v = \frac{-\Delta}{4a} = -\frac{b^2 - 4ac}{4a}$, substituindo as coordenadas dos pontos temos:

$$\begin{array}{l}
 I) \quad 90 = \frac{-b}{2a} \\
 -180a = bou \quad a = \frac{-b}{180} \\
 \\
 e II) \quad -1,34c = -\frac{b^2 - 4ac}{4a} \\
 -5,36ac = b^2 - 4ac \\
 b^2 = 4ac - 5,36ac = -1,36ac \\
 b^2 = -1,36ac
 \end{array}$$

Substituindo na expressão II o valor de “a” obtido na expressão I, temos:

$$\begin{array}{l}
 b^2 = -1,36 \left(\frac{-b}{180} \right) c ; \quad \text{Se } b = -180a \text{ (I), tem-se: } \frac{17c}{2250} = -180a \\
 b = \frac{136c}{18000} = \frac{17c}{2250} \quad a = \frac{17c}{2250 \times (-180)} = \frac{17c}{405000} \\
 a = \frac{17c}{405000}
 \end{array}$$

Obtidos os coeficientes, o modelo que descreve a curva de lactação em função da produção inicial (Po) é dado por: $P(x) = \frac{-17c}{405000}x^2 + \frac{17c}{2250}x + c$, se $0 \leq x \leq 90$, em que P é a produção de leite ao longo da lactação e x o período da lactação, em dias, e c é a produção inicial. [...]

Dado $f(x) = mx + n$, [...]: Pp = vértice da parábola, estimado aos 90 dias e o produção final da lactação aos 300. Temos [...] que pico (Pp) – 34% maior que Po, ou seja, $Pp = 1,34Po$ e a coordenada do vértice sendo (90, 1,34c) e produção final (Pf) – 71% de Po, ou seja, $Pf = 0,71Po$, cuja coordenada é (300, 0,71c).

Dados as coordenadas dos pontos, substituindo no termo geral, temos:

$$\begin{cases} 1,34c = 90m + n \\ 0,71c = 300m + n \\ 0,63c = -210m \\ m = \frac{-0,63c}{210} \\ m = \frac{-210}{21000} = \frac{-3c}{1000} \end{cases} \quad (I)$$

Se $1,34c = 90m + n$, substituindo[...] m (I), temos:

$$\begin{aligned} 1,34c &= 90 \frac{-3c}{1000} + n \\ \frac{134}{100}c + \frac{27c}{100} &= n \\ n &= \frac{161c}{100} \end{aligned}$$

Determinados os coeficientes, o modelo que descreve a curva de lactação na segunda sentença é dado por $P(x) = \frac{-3c}{1000}x + \frac{161c}{100}$, se $90 \leq x \leq 300$, [...]. Portanto o modelo final pode ser expresso por:

$$P(x) = \begin{cases} \frac{-17c}{405000}x^2 + \frac{17c}{2250}x + c, & \text{se } 0 \leq x \leq 90 \\ \frac{-3c}{1000}x + \frac{161c}{100}, & \text{se } 90 \leq x \leq 300 \end{cases}$$

2.3 Significação e Expressão: 3ª fase

Nesta fase, os estudantes *interpretam a solução* do problema a partir do modelo obtido, como se apresenta:

Na figura 6 representamos o modelo para uma produção inicial de 20 kg de leite.

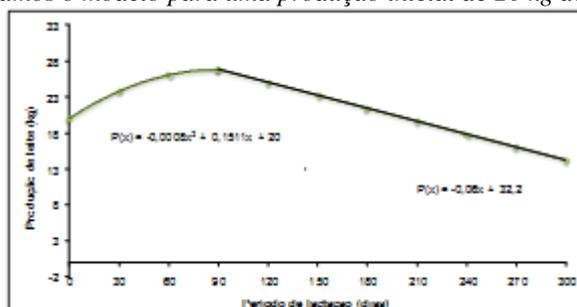


Figura 6 - Curva de Lactação ideal para uma produção inicial de 20 kg, segundo modelo [...].

Os estudantes apresentaram o instrumento de projeção e controle da produção de leite elaborado no *Microsoft Excel*, explanando os procedimentos para sua utilização. Trata-se de um texto descritivo. A Figura 7 ilustra o instrumento elaborado pelos estudantes. Nesta fase, eles *validam o modelo* ao apresentar considerações sobre o mesmo.



Figura 7 – Esboço da planilha de controle da produção de leite para vacas holandesas segundo modelo matemático obtido.

A curva de lactação de um animal é a representação gráfica da variação da produção de leite em função da duração da lactação e pode também ser utilizada para estimar o valor da produção em determinados períodos. O conhecimento da curva de lactação pode contribuir para o [...] entendimento e manipulação do sistema de produção, [...] auxiliar o produtor na identificação problemas que estejam ocorrendo com o rebanho [...] e identificar vacas com boas características para a produção de leite, interferir na alimentação e no descarte de animais.

Podemos concluir com a [...] pesquisa, que é possível elaborar e adaptar uma ferramenta de trabalho através de modelagem matemática para: a utilização de produtores de leite que trabalham com animais da raça holandesa; [...] contribuir para o melhor entendimento e manipulação do sistema de produção em questão; auxilia o produtor na identificação de quedas bruscas de produção e as respostas do animal a dietas e manejos.

[...] as curvas de lactação não obedecem todas ao padrão estabelecido por Croce (2009) e lactações de um mesmo animal apresentam comportamentos diferenciados. [...] O pico de lactação ocorre por volta dos 86 dias e neste trabalho foi aproximado aos 90 dias.

Para finalizar, eles expressam o processo para conhecimento e entendimento:

Para a construção de um modelo [...] foi necessária a utilização de modelagem matemática, [...] utilizada em diversas áreas do conhecimento [...] capaz de adequar generalidades a uma situação real. Durante o processo [...], as curvas de lactações foram divididas em duas partes: a primeira, representada pela Produção Inicial (Po) até a Produção no Pico (Pp) [...] 34% maior que Po; a segunda representada pela Produção no Pico (Pp) até a Produção Final (Pf) [...] 71% Po.

[...] De “Po” até “Pp” exibe propensão a curvatura, [...] uma parábola, [...] representação por $f(x) = ax^2 + bx + c$. [...] O período entre “Pp” e “Pf” apresenta propensão a uma reta decrescente, [...] representado por $f(x) = ax + b$. A determinação de outros coeficientes, se deu através dos cálculos percentuais médios nas relações entre “Po” e “Pp” e ainda a mesma relação entre “Po” e “Pf”. O modelo pode ser expresso [...] com auxílio do Microsoft Excel. [...]

Desta forma a avaliação da produção de leite nas propriedades que adotam métodos de controle torna-se, [...] mais organizada quando feita pela projeção de curvas de lactação de cada animal. [...] O instrumento de otimização dos processos de controles são viáveis [...]. Com este [...] o produtor pode identificar animais potencialmente superiores no sistema leiteiro, com vistas ao melhoramento do rebanho. [...] na planilha, o produtor terá a sua disposição dispositivo que oferece um modelo de aplicação para [...] projeção de curva na realidade produtiva, [...] projeta-se a utilização matemática neste processo como método de identificação dos passos constituintes de uma solução simples e alcançável. [...]

A implementação do instrumento está sendo efetuada no IFC e nos próximos meses, em propriedades leiteiras da região; [...] os resultados serão satisfatórios quando registrados pelo menos um ciclo da lactação dos animais. Relatos dos técnicos agrícolas do IFC afirmam ser válido e interessante o controle [...], o qual se encontra em uso a cerca de quatro meses.

As referências apresentadas no trabalho seguiram os preceitos estabelecidos pelo estilo utilizado na instituição, o qual se baseia nas normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

3.2.2 Mapa-guia 02 - Curva de crescimento de frangos de corte e suínos.

Estudantes: Caroline Finger Stresser e Ana Carolina Gadotti.

Curso: Técnico em Agroecologia

Profª Orientadora: Morgana Scheller.

Período do estudo: junho/2011 a julho/2012, em Iniciação Científica.

1 Síntese do estudo

Apresenta-se análise de crescimento de duas espécies: suínos e frangos de corte por meio de modelo. Dados advieram do setor de zootecnia da instituição e da empresa que desenvolve tecnologia para a criação destes animais. O modelo permitiu: 1) verificar se as curvas de crescimento de altura e peso dos frangos de corte possuem comportamento semelhante, ocorrendo o mesmo na comparação de ganho de peso dos frangos de corte e suínos; 2) confirmar como quarenta e um dias de vida o período ideal para abate de frangos.

2 Estudo em fases e subfases da Modelagem

2.1 Percepção e Apreensão: 1ª fase

Nesta fase, os estudantes buscam *reconhecer a situação problema*, a partir dos dados obtidos no estudo, e registram:

A porcentagem de crescimento de um animal depende de vários fatores, mas em geral, [...] é determinado essencialmente pelo sexo, pela idade do animal, além da qualidade da sua dieta. [...] Avaliar [...] até quanto tempo um frango de corte apresenta taxa de crescimento crescente atingindo a idade ideal para o abate [...] é importante para economizar recursos financeiros. Sabendo o tempo de crescimento, a fase de maior crescimento e ganho de peso dos animais, pode-se calcular o custo com insumos, como por exemplo, a ração. Avaliar a crescimento significa conhecer mais de perto a realidade da sua criação e isso ajudará o produtor a se organizar para saber quando ele obterá o lucro, reduzindo custos.

Na sequência, familiarizam-se com o assunto conforme:

As curvas de crescimento são classificadas como modelos dinâmicos (onde os parâmetros variam conforme o tempo), empíricos (os dados são obtidos ignorando os passos intermediários que ocasionam a resposta final) e determinísticos (possuem uma única resposta), ou seja, para uma determinada idade é obtida apenas uma resposta, representada pelo peso médio esperado de uma linhagem para a idade.

2.2 Compreensão e Explicitação: 2ª fase

Nesta fase, eles estudam os dados e *formulam o problema* a partir do conhecido que dispõem.

Nosso problema foi descobrir como se dá a curva de crescimento de frangos e suínos (formato), se as curvas de crescimento possuem comportamento semelhante, se é possível que as curvas sejam representadas por um modelo matemático ou, é possível estabelecer um modelo matemático que represente a curva de crescimento dos animais. O conhecimento da curva de crescimento possibilita a adoção de práticas de manejo que otimizem a produção de carne. [...]

Objetivo: Determinar um modelo matemático representativo da curva de crescimento dos animais, frangos e suínos, além de verificar se estas curvas das duas espécies possuem o mesmo comportamento.

E na sequência, buscam *formular o modelo*, utilizando-se de tecnologias disponíveis obtidos no estudo, e registram:

Tabela 1 - Evolução do peso médio dos frangos [...].

Idade (dias)	Peso (g)	Altura (cm)
0	40	12
7	127,5	15,6
14	401,5	21,1
21	807	26,4
28	1159,5	35,3
35	1865	41,7
42	2292	52,9

Os dados obtidos no experimento realizado no IFC – Rio do Sul, remeteram ao estudo sobre as curvas de crescimento de frangos de corte, frangos de corte em relação aos parâmetros da empresa AgRoss e frangos de corte com relação à suínos.

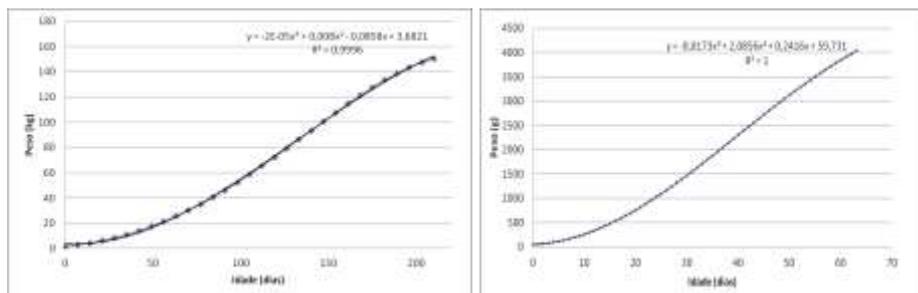


Figura 1 - Evolução de peso médio dos suínos e de frangos AgRoss, em relação a sua idade.

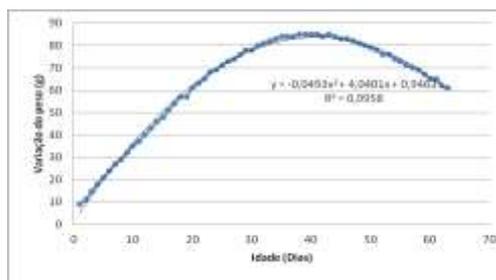


Figura 2 - Curva de variação do crescimento dos frangos AgRoss.

Em seguida, os estudantes *resolveram o problema a partir do modelo*, como segue:

[...] Com a ajuda do Excel, analisamos várias linhas de tendência, observando então que o modelo polinomial de terceiro grau é o mais indicado para este ajuste local, [...].

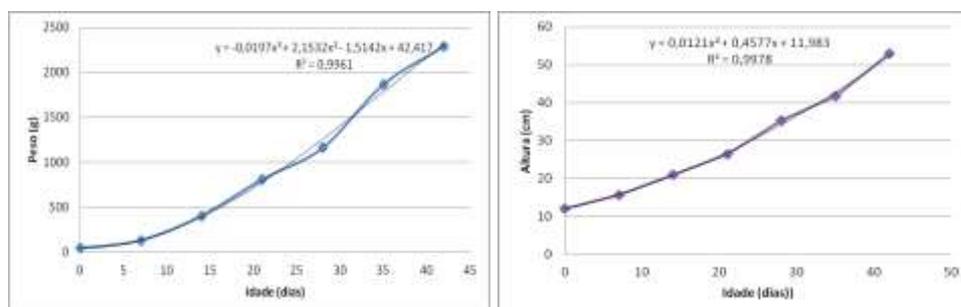


Figura 3 – Evolução de peso médio e altura dos frangos de corte do [...],

[...] o ajuste polinomial foi aquele que mais se aproximou aos dados. O modelo [...] representa o ganho de peso dos frangos de corte em função da idade, onde y representa o peso (massa em gramas) e x a idade dos frangos. Trata-se de um ajuste local, não sendo possível fazer qualquer consideração fora do intervalo indicado pela tabela.

[...] estudou-se a variação diária de peso ilustrada na figura 2. Através do vértice da parábola é possível determinar o período em que a variação de peso deixou de ser crescente. Obtemos o ponto de inflexão a partir do x vértice (X_v) por meio da expressão:
$$X_v = \frac{-b}{2a} = \frac{-4,0401}{2 * -0,0493} \cong 41$$

[...] Percebemos que tanto os suínos como os frangos tem uma curva de crescimento com comportamento semelhante.

2.3 Significação e Expressão: 3ª fase

Nesta fase, os estudantes *interpretam a solução do problema a partir do modelo obtido e validam o modelo* ao apresentar considerações sobre o mesmo, como se apresenta:

O modelo [...] $y = -0,0197x^3 + 2,153x^2 - 1,514x + 42,42$ representa o ganho de peso dos frangos de corte em função da idade, [...]. Trata-se de um ajuste local, não sendo possível fazer qualquer consideração fora do intervalo observado. [...] Com relação a altura dos frangos, o modelo que

melhor se ajustou aos dados foi um modelo polinomial $y = 0,0121x^2 + 0,4577x + 11,983$, este também de ajuste local. O coeficiente de determinação explica que a variação da altura é explicada com 99,78% pela variação da idade dos animais.

As curvas de crescimento relativas ao peso e altura possuem formatos semelhantes, o que inicialmente não conseguia-se responder. Porém não é sabido ainda se a curva de crescimento obtida no experimento e a indicada como ideal pela empresa apresenta diferenças significativas. Com isso calculamos o desempenho dos frangos do IFC - Rio do Sul em relação ao indicado para frangos da empresa AgRoss.

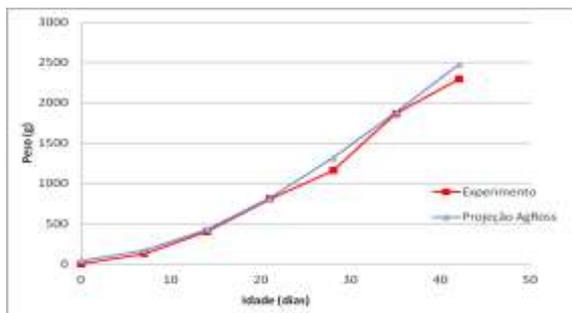


Figura 3 – Comparativo da evolução do peso médio dos frangos do experimento e da projeção para o crescimento segundo empresa AgRoss.

[...] o desempenho dos frangos de corte do IFC foi semelhante com o desempenho dos frangos da empresa AgRoss, concluindo então, que os animais criados e utilizados em nosso experimento estão dentro dos parâmetros estabelecidos pela indústria, validando-o. O $R^2 = 0,9930$ indica uma boa relação os valores obtidos e os indicados pela empresa AgRoss.

Para finalizar, eles *expressam o processo* para conhecimento e entendimento:

A evolução do crescimento de frangos e suínos deram origem a curvas com comportamentos semelhantes sendo possível a obtenção de modelo matemático. Tais modelos permitem se faça inferência a respeito dos estágios de crescimento e se tire conclusões a cerca do manejo e retirada dos lotes para o abate. Um modelo obtido forneceu dados com os quais foi possível conferir o porquê da indicação de se abaterem frangos aos 42 dias de alojamento. Concluímos também que o ganho de peso de frango de corte e o ganho de peso de suínos tem comportamento descrito por modelo polinomial.

As referências apresentadas no trabalho seguiram os preceitos estabelecidos pelo estilo utilizado na instituição, o qual se baseia nas normas técnicas da ABNT.

3.2.3 Mapa-guia 03 - Perda de Peso no armazenamento da cebola.

Estudantes: Bianca Hilda Voss, Jean C. Scharf e Rafael Farias.

Curso: Técnico em Agropecuária

Prof. Orientador: Romano Roberto Valicheski.

Período do estudo: maio/2009 a julho/2010, em Iniciação Científica.

1 Síntese do estudo

Apresenta-se avaliação da perda de peso e a deterioração de bulbos cebola (*Allium Cepa*) em dois modos de armazenamento: com e sem talos cortados. Dados advieram de vinte e quatro quilogramas de cebola, distribuídos em parcelas experimentais de quatro repetições com três quilogramas cada, depositadas em caixas de papelão em galpão protegido. A avaliação da perda de peso, realizada com o auxílio do programa SAS, mostrou não haver diferença

significativa entre os dois tratamentos ao longo dos noventa dias avaliados. Verificaram que o armazenamento de bulbos sem o corte do talo resulta em perdas menores dos bulbos.

2 Estudo em fases e subfases da Modelagem

2.1 Percepção e Apreensão: 1ª fase

Nesta fase, os estudantes buscam *reconhecer a situação problema*, a partir dos dados obtidos no estudo, e registram:

No Brasil ocorrem situações em que a cebola, sendo única fonte de renda dos produtores, precisa ser comercializada imediatamente após colheita, até mesmo sem completar o processo de cura [...]. Com o processo de cura mal efetuado, além da aparência dos bulbos pouco apreciável pelo consumidor, os mesmos ficam mais susceptíveis a deteriorações durante o armazenamento.

Na região do Alto Vale do Itajaí é uma prática comum entre os cebolicultores o armazenamento de parte da cebola colhida, [...] por períodos superiores a 5 meses. Os galpões utilizados para este armazenamento [...] não possuem condições adequadas, que, associado ao processo de cura mal efetuado dos bulbos, resulta em expressivas perdas [...].

Dentre as formas de armazenagem, as mais comuns [...] é a armazenagem com toda a palha e com o corte do talo. Muitos produtores de cebola preferem armazenar a cebola com toda palhada pois acreditam que resulta em menor perda de peso dos bulbos e em menor percentual de deterioração, quando comparado com o armazenamento onde é efetuado o corte do talo.

Na sequência, *familiarizam-se com o assunto* conforme:

A cebola (Allium Cepa) é uma das espécies hortícolas mais antigas, cultivada a pelo menos 5 mil anos. [...] É considerada a terceira cultura olerícola de importância para o Brasil, ficando atrás da batata e do tomate. A cebolicultura constitui-se em atividade sócio-econômico de significativa relevância para o estado de São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

[...] A colheita da cebola é um dos principais fatores que influencia na qualidade do produto final, interferindo de forma expressiva no período que os bulbos podem ficar armazenados. [...] A cura é um processo extremamente importante na manutenção da qualidade pós-colheita das cebolas. Tem como principal função remover o excesso de umidade das camadas externas dos bulbos e das raízes antes do armazenamento. [...] O armazenamento tem como objetivo manter a qualidade da cebola, prolongando desta forma o período de comercialização [...].

A temperatura é uma das condições físicas fundamentais para uma boa conservabilidade. [...] a conservação em temperaturas baixas resulta em bulbos com melhor qualidade, [...], uma vez que nestas condições [...] ocorre menor perda de peso, [...] menor perda de sólidos solúveis e de extrato seco. [...] Quanto aos galpões utilizados para o armazenamento, é fundamental que estes possuam boa ventilação, protegendo os bulbos contra incidência direta do sol e chuvas.

2.2 Compreensão e Explicitação: 2ª fase

Nesta fase, eles estudam os dados e *formulam o problema* a partir do conhecido que dispõem.

Durante a cura e o armazenamento ocorrem várias modificações na composição do bulbo, interferindo na qualidade final. A perda de água é a mudança mais evidente, sendo mais intensa no processo de cura. [...] Conforme as condições de armazenamento, a duração máxima de bulbos fica limitada pela perda de peso como a desidratação, flacidez, falta de turgescência, doenças, brotamento e enraizamento que ocorrem com as mudanças climáticas, conforme vai ocorrendo mudanças na estação do ano.

Objetivo: [...] avaliar a perda de peso, bem como o percentual de bulbos deteriorados após 0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias de armazenamento com e sem talo cortado.

E na sequência, buscam *formular o modelo*, utilizando-se de tecnologias disponíveis obtidos no estudo, e registram:

Utilizou-se [...] formas de armazenamento: Tratamento - Perda de peso da cebola armazenada sem o corte do talo (STC); Tratamento 2 - Perda de peso de cebola armazenada com talo cortado (CTC). Estes tratamentos foram avaliados durante 3 meses, sendo as pesagens efetuadas aos 0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias após o início do armazenamento.[...] As variáveis avaliadas foram: perda de peso, percentual de bulbos deteriorados e qualidade dos mesmos.

Para montar as parcelas experimentais, pesou-se um total de 24,0kg de cebola. Para cada tratamento, foram feitas quatro repetições com 3kg de bulbos cada unidade experimental, sendo estes depositados em caixas de papelão com tamanho aproximado de 40 x 25 x 30cm. [...] Montou-se o ensaio no delineamento inteiramente casualizado, dispendo de forma aleatória cada repetição no interior do galpão onde a cebola produzida [...] estava sendo armazenada. [...] Para perda de peso, utilizou-se o programa SAS para verificar se houve diferença entre os tratamentos ao nível de 5,0% de probabilidade.

Quadro 1: Percentual de bulbos de qualidade após 90 dias de armazenamento (CTC) e (STC).

	1	2	3	4	Média geral
CTC	68,75	86,66	81,25	73,33	77,49
STC	88,23	85,71	88,23	94,11	89,07

Quadro 2. Percentual de bulbos deteriorados após 90 dias [...] (CTC) e (STC).

	1	2	3	4	Média geral
CTC	31,25	13,33	18,75	26,6	22,48
STC	11,76	14,28	11,76	5,88	10,92

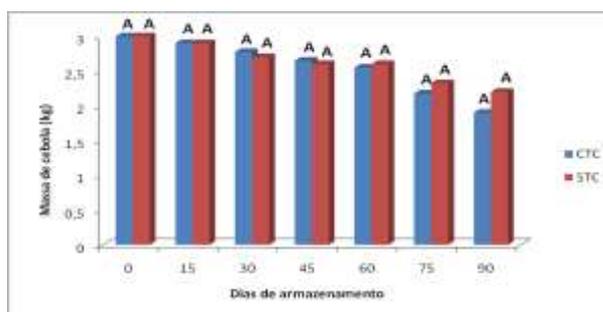


Figura 1: Perda de peso da cebola após [...] armazenamento com CTC e STC. Valores [...] de mesma letra não diferem estatisticamente [...].

Em seguida, os estudantes *resolveram o problema* a partir do modelo, como segue:

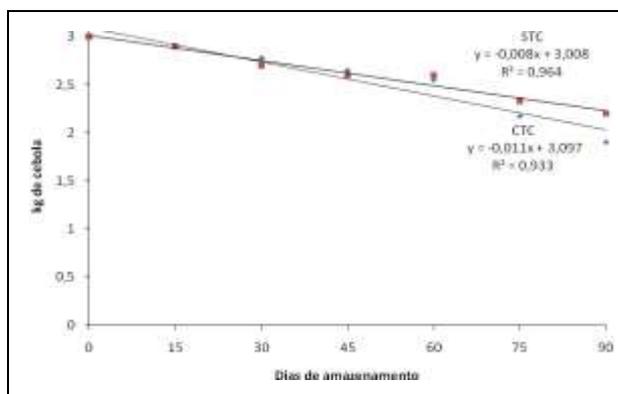


Figura 2: Perda de peso da cebola após armazenamento [...] (CTC) e (STC).

Pode-se perceber que apesar de não ter sido observado diferença significativa entre os tratamentos (Figura 1), para ambas as formas de armazenamento o modelo linear de regressão foi o que proporcionou melhor ajuste (Figura 2). Nas condições em que foi desenvolvido o ensaio, após 90 dias de armazenamento houve uma perda de peso de 10,92% e 22,48% para cebola armazenada com talo e sem o corte do talo respectivamente.[...] Pode-se observar que ao longo

do tempo a qualidade dos bulbos não se manteve estável. Após este período, para os bulbos armazenados com e sem o corte do talo obteve-se respectivamente 77,49 e 89,07% de bulbos com qualidade aceitável para a comercialização. Já para o percentual de bulbos deteriorados (Quadro 2), para a cebola armazenada com o talo cortado constatou-se deterioração de 22,48% e para a armazenada sem o corte do talo 10,42.

2.3 Significação e Expressão: 3ª fase

Nesta fase, os estudantes *interpretam a solução* do problema a partir do modelo obtido e *validam o modelo* ao apresentar considerações sobre o mesmo, como se apresenta:

Considerando a perda de peso obtida [...] e supondo que esta quantidade de cebola fosse comercializada após 90 dias de armazenamento, resultaria em um valor total de 24.490,67 R\$ ha-1 para cebola armazenada como o talo cortado e de 22.595,00 R\$ ha-1 para a cebola armazenada com o corte do talo. [...] observa-se uma diferença de 1.898,66 R\$ ha-1 entre eles, lembrando que, para o armazenamento com o corte do talo, também houve gasto com mão-de-obra, não computado neste trabalho. Considerando um valor médio de 50,00 R\$ pago por dia de trabalho de um diarista, com esta diferença daria para pagar [...] 38 dias de um trabalhador de campo.

[...] Extrapolados para uma situação freqüentemente vivenciadas pelos produtores rurais, observa-se que para este ano não foi uma boa opção o armazenamento de cebola, uma vez que o preço médio praticado no momento da colheita sofreu uma redução de aproximadamente 33%.

O maior percentual de bulbos deteriorados para a cebola armazenada com o talo cortado pode ser resultante da remoção de grande parte da palhada, facilitando assim a entrada dos patógenos no interior dos bulbos. Já para a cebola armazenada com toda a palhada, o pseudocaule atua como uma barreira, dificultando a entrada de bactérias e fungos no interior dos bulbos. Esta proteção também pode ter contribuído para uma menor perda de peso durante o armazenamento, conforme pode ser observado na Figura 2.

Para finalizar, eles *expressam o processo* para conhecimento e entendimento:

[...] Foi possível verificar que no ano de 2010 o armazenamento da produção de cebola não uma boa opção para o produtor rural, uma vez que, além da redução do preço por kg de cebola recebido pelo produtor, há expressivo percentual de perda durante o tempo de armazenagem.

Quanto aos sistemas de armazenagem avaliados, verificou-se uma redução linear no peso da cebola armazenada. Apesar de não ter sido observado diferença estatística entre os tratamentos, [...] a cebola armazenada sem o corte do talo perde menos peso durante o armazenamento, sendo mais promissor para o armazenamento desta hortaliça. Além disso, para esta forma de armazenagem foi constatado menor percentual de bulbos deteriorados após 90 dias de armazenamento. Já para a cebola armazenada com o talo cortado, além de ser observada maior perda de peso, houve também maior percentual de bulbos deteriorados, o que certamente resultará em perdas mais expressivas para o produtor, quando comparado com a cebola armazenada sem o corte do talo.

As referências apresentadas no trabalho não seguiram os preceitos estabelecidos pelo estilo utilizado na instituição, o qual se baseia nas normas técnicas da ABNT.

3.2.4 Mapa-guia 04 - Efeito da glicose na beterraba.

Estudantes: Daniela Pereira, June Ane Favaretto e Tatiana Bilck.

Curso: Técnico em Agropecuária

Prof. Orientador: Robinson Jardel Pires de Oliveira.

Período do estudo: maio/2008 a julho/2009, em Iniciação Científica.

1 Síntese do estudo

Avalia-se o efeito da glicose na cultura da beterraba. Dados advieram de experimento em canteiros com quatro blocos de trinta e seis plantas e apenas uma repetição, nos quais se aplicou semanalmente solução de glicose, em diferentes concentrações, durante o crescimento. As variáveis observadas, massa e diâmetro, indicaram que a aplicação da glicose não interferiu no desenvolvimento da beterraba. Verificaram que quanto maior a concentração de açúcar na solução, piores foram os resultados.

2 Estudo em fases e subfases da Modelagem

2.1 Percepção e Apreensão: 1ª fase

Nesta fase, os estudantes buscam *reconhecer a situação problema*, a partir dos dados obtidos no estudo, e registram:

O vale do Itajaí tem tradição no cultivo da beterraba, municípios como Vidal Ramos, Imbuia, Alfredo Wagner, tem produtores com áreas de 3 a 8 hectares com o cultivo da beterraba, fazendo rotação de cultura com a cebola, e tendo na CEASA/Florianópolis o principal ponto de comercialização.

Na sequência, *familiarizam-se com o assunto* conforme:

A beterraba de mesa é denominada hortícola (Beta Vulgaris). É uma planta dicotiledônea da família das Chenopodiaceae. Além das beterrabas açucareiras, forrageira e de mesa, nesta família a também como hortaliça a acelga e o espinafre Europeu. A teoria que se sabe é que a beterraba de mesa se originou da hibridação da Beta Vulgaris var marítima com Beta Patula.

[...] Na beterraba, a fase vegetativa é conhecida pela formação de folhas com 30 a 40 cm de altura, em coloração verde clara ao vermelho escuro. A coloração das folhas não depende só do cultivo, mas também dos fatores climáticos, nutricionais e hídricos. Quando a planta tem mais condições de estresse a planta tem o aumento da coloração vermelho. As raízes reservas chegam a alcançar de 4 a mais de 15 cm de diâmetro, dependendo do cultivo. [...] O ciclo de vida da beterraba com semeadura direta é de 50 a 65 dias, com tamanho médio.

A produtividade pode chegar até 40 toneladas por hectare. A beterraba em massas pode ser mantida de 10 a 14 dias boa para consumo, onde armazenadas a 0 ° C e (95 % UR) nessas condições as raízes podem permanecer de quatro a seis semanas. Nos USA eles também utilizam a hidro-refrigeração e colocação de gelo. Nas condições de ambiente normal as raízes permanecem boas por cinco a seis dias. No centro-sul do Brasil as maiores ofertas ocorrem nos meses de março a junho e os menores preços de maio a agosto.

2.2 Compreensão e Explicitação: 2ª fase

Nesta fase, eles estudam os dados e *formulam o problema* a partir do conhecido que dispõem.

O vale do Itajaí se destaca na produção de beterraba, tendo algumas cidades, parceria do CEASA/ Florianópolis o grande centro de comercialização.

A cultura se desenvolve bem nessa região e acredita-se deixar uma margem de lucro considerável, sendo mais uma alternativa de cultivo na região. Nosso problema foi gerado através de um conhecimento empírico que o nosso professor orientador nos apresentou, onde esse dizia que a aplicação de glicose na cultura da beterraba poderia ter um efeito estimulante no desenvolvimento da mesma, [...].

Objetivo: [...] avaliar o efeito da glicose na cultura da beterraba , procurando verificar se o açúcar poderia ter o mesmo efeito da adubação nitrogenada na cultura [...].

E na sequência, buscam *formular o modelo*, utilizando-se de tecnologias disponíveis obtidos no estudo, e registram:

Utilizou-se [...] experimento em canteiros, [...] 1m x 2m, [...] em São Joaquim, tendo 36 plantas por bloco, com 4 blocos e apenas uma repetição. Implantadas as mudas, procedeu-se a aplicação da solução:[...] o primeiro bloco foi aplicado 0 gramas de açúcar como testemunha, o segundo [...] 100 gramas, o terceiro 200 gramas e o quarto com 400 gramas de açúcar [...] diluído em 20 litros de água [...]e aplicado em forma de irrigação, semanalmente. Foi aplicada a solução durante 11 semanas, [...] período da segunda semana de outubro até a última semana de dezembro, culminando com a colheita das beterrabas. Depois da colheita de 10 amostras de cada bloco, foi avaliado o peso fresco e o diâmetro da raiz, sendo feito peso total e a média .

Tabela 5 – Comparativo de massa e diâmetro das amostras de todos os blocos.

Amostra	TESTEMUNHA		100g de açúcar		200g de açúcar		400g de açúcar	
	Massa (g)	Diâm. (cm)	Massa (g)	Diâm. (cm)	Massa (g)	Diâm. (cm)	Massa (g)	Diâm. (cm)
I	250	8,0	90	5,0	30	3,7	26	3,7
II	70	4,5	125	6,2	50	4,8	30	3,9
III	300	8,9	200	8,0	90	6,0	60	4,3
IV	120	6,5	175	7,3	120	6,7	50	4,6
V	240	7,6	100	6,1	200	7,5	75	5,0
VI	100	6,0	150	7,0	100	6,0	50	5,0
VII	110	5,9	165	6,2	180	7,3	110	5,6
VIII	190	7,0	260	7,0	245	7,8	200	6,7
IX	110	6,3	70	4,4	200	6,8	190	6,7
X	115	6,5	265	8,6	250	8,0	200	7,1
Total	1605	67,2	1600	65,8	1465	64,6	991	52,6
Média	160,5	6,72	160	6,58	146,5	6,46	99,1	5,26

Em seguida, os estudantes *resolveram o problema* a partir do modelo, como segue:

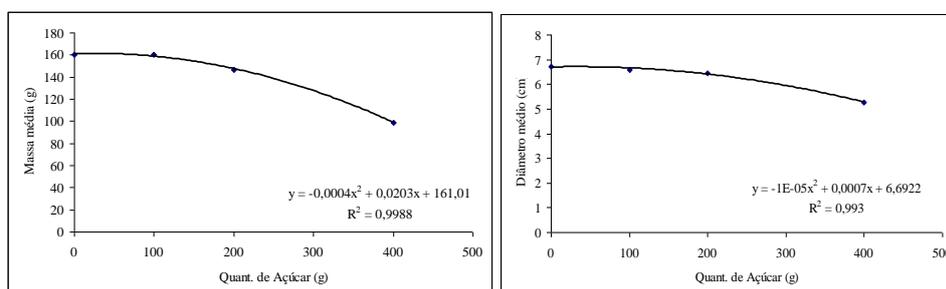


Figura 1: Evolução da massa e do diâmetro em relação a quantidade de açúcar.

A figura acima mostra o decréscimo do total de massa [...] e de diâmetro das amostras de cada bloco. [...] O experimento indicou que o tanto a massa, quanto o diâmetro da beterraba diminuíram com o aumento da concentração de açúcar [...].

2.3 Significação e Expressão: 3ª fase

Nesta fase, os estudantes *interpretam a solução* do problema a partir do modelo obtido e *validam o modelo* ao apresentar considerações sobre o mesmo, como se apresenta:

O decréscimo citado anteriormente indicou um decréscimo obedecendo a uma função quadrática com alto índice de correlação. O qual não pode ser feito à análise matemática por tratar de diferentes amostras.

Para finalizar, eles *expressam o processo* para conhecimento e entendimento:

Após analisarmos qual foi o efeito da glicose sobre a cultura da beterraba, baseado em um conhecimento empírico, o qual dizia que a aplicação de glicose podia ter o mesmo efeito da adubação nitrogenada, concluímos que o açúcar não interferiu no desenvolvimento da beterraba.

Com os dados obtidos podemos observar que a aplicação de açúcar teve um efeito negativo comparado com o bloco testemunha, com zero grama de açúcar e também que uma alta concentração de açúcar pode apresentar toxicidade para a planta. Entretanto sugere-se repetir o

trabalho com maior número de repetições e com outras concentrações de açúcar, por exemplo, 25 gramas, 50 gramas, etc..

As referências apresentadas no trabalho seguiram os preceitos estabelecidos pelo estilo utilizado na instituição, o qual se baseia nas normas técnicas da ABNT.

3.2.5 Mapa-guia 05 - Modelagem matemática na análise de sistemas de criação de frango de corte.

Estudantes: Edson Granemann dos Passos e Sergio Luiz Back.

Curso: Técnico em Agropecuária

Orientadoras: Morgana Scheller e Karla Paola Picolli.

Período do estudo: maio/2007 a julho/2008, em Iniciação Científica.

1 Síntese do estudo

Apresenta-se análise: 1) de índices zootécnicos resultantes da produção de frangos de corte criados em galpões modelo semiautomático e automático; 2) do período ideal para realizar o abate das aves. Dados advieram do acompanhamento do desempenho de dois lotes frangos na EAFRS em 2007. Verificaram que lote alojado no galpão automático obteve melhores resultados: índice de eficiência e produtividade de duzentos e sessenta pontos; conversão alimentar de 1,88:1; viabilidade de 92,89%. Com relação ao índice zootécnico peso médio, o lote alojado no galpão semiautomático obteve um melhor resultado, atingindo um peso de 2,720 kg. O modelo permitiu analisar o desenvolvimento de peso médio diário das aves, desempenho dos lotes e informar o período adequado para o abate.

2 Estudo em fases e subfases da Modelagem

2.1 Percepção e Apreensão: 1ª fase

Nesta fase, os estudantes buscam *reconhecer a situação problema*, a partir dos dados obtidos no estudo, e registram:

[...] O frango de corte moderno foi selecionado geneticamente para ter uma taxa de crescimento elevada. As linhagens comerciais de frangos de corte encontradas atualmente no mercado são várias, tais como: Ross, Hubbard, Arbor Acres, Isa Vedette, Peterson, Hybro, Indian River, Pilch e Avian Farm, e cada linhagem possui determinadas características que se manifestam em função do manejo e ambiente fornecido aos indivíduos, independe do sistema de criação a que são submetidos os animais. No entanto, independentemente da linhagem escolhida, a criação de frangos de corte deve ser realizada de acordo com técnicas de manejo e padrões de instalação adequados, de forma a obter máximo desempenho produtivo das aves e resultado econômico compatível com a atividade (ENGLERT,1998).

Para tanto necessitamos de instalações adequadas, que tem por objetivo fornecer um ambiente propício ao desenvolvimento animal, técnicas modernas de criação, material genético e controle sanitário capazes de garantir a eficiência produtiva dos lotes de frangos de corte.

Na sequência, *familiarizam-se com o assunto conforme:*

No Brasil, os sistemas para criação de animais domésticos são muito diversificados, abrangendo uma ampla utilização de tecnologias, com sistemas completamente extensivos/extratvistas até sistemas superintensivos com máximo uso de equipamentos, como no caso do confinamento total

dos animais e aves (FIGUEIREDO et alii, 2001). No caso da avicultura voltada à produção de frangos de corte, opta-se atualmente pelo sistema de criação confinada, em aviários modelos semi-automático e automático e, em algumas situações, em ambientes climatizados.

Atualmente o modelo de galpão semi-automático vem sendo menos utilizado pelos avicultores. Sua vantagem é o menor custo de implantação, no entanto requer uma quantidade maior de mão-de-obra [...]. Nestes modelos de galpões são utilizados equipamentos semi-automáticos (bebedouros pendulares e comedouros tubulares) que tecnicamente tendem a gerar uma menor eficiência em relação ao desenvolvimento do lote, uma vez que necessita uma circulação maior de pessoas no interior do galpão [...]

O modelo de criação automático é mais utilizado atualmente, porém tem um alto custo de instalação se comparado ao modelo semi-automático. Como os modelos dos equipamentos são automatizados (bebedouros nipples e comedouros helicoidais) a uma facilidade no manejo alimentar, o tratador tende a deslocar-se menos no interior do galpão perturbando menos os frangos, possibilitando um melhor desenvolvimento do lote. Outra vantagem é que podemos alojar um número maior de aves, que pode ser de 18 aves/m², enquanto que nos modelos semi-automáticos a média é de 14 aves/m².

2.2 Compreensão e Explicitação: 2ª fase

Nesta fase, eles estudam os dados e *formulam o problema* a partir do conhecido que dispõem.

[...] Atualmente a criação confinada de frangos de corte pode ser realizada em aviários semi-automáticos ou automáticos, diferenciados pelo sistema de abastecimento de alimentos (ração e água) e também pelo controle interno da temperatura. No entanto, independente do modelo de aviário utilizado na criação das aves, para alcançar a eficiência produtiva devemos primar pela qualidade do produto final e buscar atingir taxas excelentes conversão alimentar e crescimento diário e baixa porcentagem de mortalidade no decorrer da criação. Surge um problema: qual dos dois modelos de aviários traz melhores resultados?

[...] Sabendo que dispúnhamos de dois sistemas de aviários mais utilizados hoje em dia, procuramos então com este trabalho analisarmos qual dos sistemas de criação de frango de corte, semi-automático e automático, que se apresenta mais viável em termos de produtividade para a EAFRS. Portanto, o objetivo deste trabalho foi o de analisar, através da modelagem matemática, os índices zootécnicos resultantes da produção de frangos de corte, comparando os resultados obtidos na criação das aves em galpão semi-automático e automático através do Índice de Eficiência e Produtividade.

E na sequência, buscam *formular o modelo*, utilizando-se de tecnologias disponíveis obtidos no estudo, e registram:

[...] Foram acompanhadas 976 aves alojadas no galpão semi-automático no dia 03/09/2007 e após, 1196 aves alojadas no galpão automático no dia 23/10/2007, [...]o processo de [...] coleta de dados [...] realizados semanalmente, consistindo na pesagem de aproximadamente 10% dos animais, e no controle da mortalidade, além da pesagem da ração armazenada, os dados obtidos eram anotados em uma planilha de controle.

Tabela 1 – Índices zootécnicos obtidos na criação de lotes de frangos de corte alojados em galpões modelo semi-automático e automático, [...]

Índices Zootécnicos	PM (Kg)	VB	CA	IA(dias)	IEP
Semi-automático	2,720	94,15	2,43	51	207
Automático	2,574	92,89	1,88	49	260

Tabela 2 – Evolução e variação do peso médio de frangos de corte [...]

Idade (dias)		Nº de Aves		Evolução do peso médio (g)		Variação do ganho de peso semanal (g)		Ganho de peso médio diário (g)	
SA	AUT	SA	AUT	AS	AUT	SA	AUT	AS	AUT
1	0	976	1196	42	38	0	0	0	0
7	7	966	1180	150	110	108	72	15,92	12

14	14	945	1161	341	307	191	197	21,35	20,69
21	21	937	1150	673	606	332	299	30,04	28,4
28	28	932	1137	973	1100	300	494	33,25	39,33
35	35	926	1126	1420	1750	447	650	39,37	50,35
42	42	921	1111	1842	2185	422	435	42,85	52,37
49	49	919	861	2485	2482	643	297	49,85	50,92
51	-	919	-	2720	-	244	-	52,68	-

A expressão $y = -0,8019x^2 + 10806x + 44,305$ representa o modelo que descreve o peso médio dos frangos, alojados em galpão semi-automático, no decorrer da idade, com $0 \leq x \leq 51$ cujo $R^2 = 0,9987$. A obtenção deste mesmo modelo matemático pode ser feita através de um método estatístico denominado parábola dos mínimos quadrados[...].

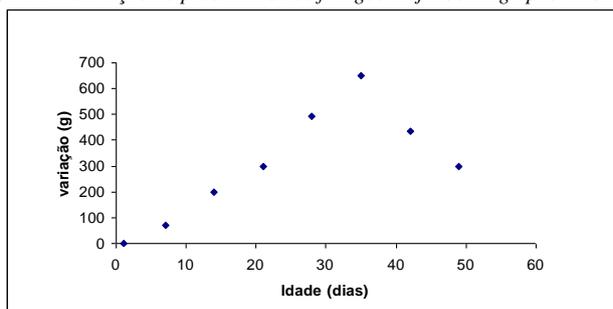
Modelo logístico [...] ajuste linear $y = \frac{4970}{62,88452 \cdot e^{-0,0887x} + 1}$, $D = \{x \in \mathbb{R} | 0 \leq x \leq 51\}$ e $R^2 = 0,9709$.

Modelo logístico [...] Graphmática é $y = \frac{4383,86}{32,49 \cdot e^{-0,0774x} + 1}$ onde $x \geq 0$ e com $R^2 = 0,995$.

Modelo que descreve o peso dos frangos segundo ajuste polinomial $y = -6,7 \cdot 10^{-8}x^6 - 4 \cdot 10^{-6}x^5 + 2,4 \cdot 10^{-5}x^4 + 0,0167x^3 + 0,97x^2 + 1,29x + 40,39$. [...], com $D = \{x \in \mathbb{R} | 0 < x \leq 49\}$.

[...] o ponto de inflexão realmente seria em torno do dia 35, usando assim como peso do ponto de inflexão 1750g, ou seja, $\frac{y^*}{2} = 1750$, assim $y^* = a = 3500$.

Figura 1 – Variação do peso médio dos frangos alojados em galpão automático



Depois de realizada a mudança de variável e o ajuste linear obtivesse a equação da reta. No ajuste temos: $z = -kx + \ln(b)$, encontramos a equação da reta $z = -0,1122x + 4,1659$ e portanto, encontramos os valores de b e k . Se $\ln(b) = 4,1659$, então $e^{4,1659} = b$, logo $b = 64,45066$ e $k = 0,1122$, o modelo logístico que representa a evolução do peso médio dos frangos do lote é: $y = \frac{3500}{64,45066 \cdot e^{-0,1122x} + 1}$, onde $x > 0$ (real.)

Este modelo que encontramos possui $R^2 = 0,9731$, ou seja, 97,31% da função y - o peso médio dos frangos - é explicada pela variação da idade do animal.

[...] pelo Graphmática é $y = \frac{2677,68}{53,51 \cdot e^{-0,1307x} + 1}$, $R^2 = 0,9996$.

Em seguida, os estudantes resolveram o problema a partir do modelo, como segue:

Ao utilizarmos os índices zootécnicos [...] da criação das aves criadas nos galpões modelos semi-automático e automático [...] constatamos que o I.E.P. foi melhor para o lote de frangos de corte alojados no galpão automático (Tabela 1).

[...] é possível verificar que a função polinomial (preta) é mais indicada para análises dentro do período do acompanhamento do lote por se ajustar melhor aos dados obtidos a campo. Porém não é indicado para análise fora do período de acompanhamento visto que há um decréscimo do peso do frango logo após o período que foi realizado o abate. As outras duas funções logísticas feitas pelo Graphmática (vermelha) e realizada através do ajuste linear do modelo logístico (verde) apresentam semelhança sendo que a realizada pela regressão se apresenta um pouco melhor por atingir o valor assintótico estipulado.

Com o modelo logístico [...] é possível prever [...] dados como peso médio em qualquer idade previsto, podendo assim estipular o melhor dia para se fazer a retirada dos frangos [...], 35 dias. Verificou que o peso máximo que o animal pode atingir seria 3500g. Viu-se que o lote alojado em galpão automático obteve uma evolução de peso médio mais parecido com o crescimento de animais e mais adaptado ao modelo logístico.

2.3 Significação e Expressão: 3ª fase

Nesta fase, os estudantes *interpretam a solução* do problema a partir do modelo obtido, como se apresenta:

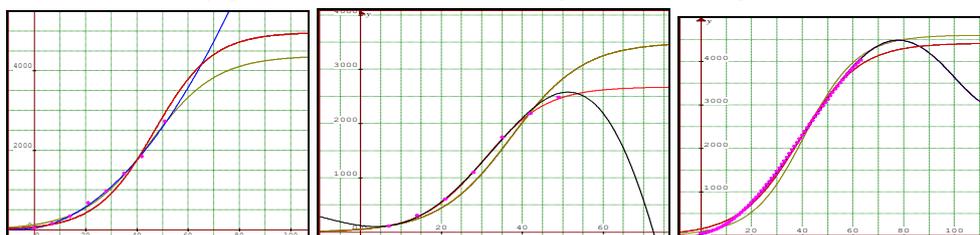
O modelo polinomial obtido através do ajuste, $y = 0,8019x^2 + 10,806x + 44,305$ (y é peso em gramas e x é a idade em dias), explica com 99,87% os dados a respeito do peso médio do lote a partir pela variação da idade dos animais. O modelo permite que se conheça o valor do peso dos frangos e também da idade em qualquer período compreendido pelo domínio e não apenas nos dias nos quais os dados foram coletados, mas não é possível fazer considerações após a retirada dos animais.

[...] Analisando a evolução do peso vivo do lote e ganho de peso médio diário, num período de 49 dias, foi possível observar que durante as pesagens nas três primeiras semanas de vida o lote de frangos alojados no galpão semi-automático obteve um ganho de peso médio superior aos frangos alojados no galpão automático. A partir da quarta semana houve uma inversão da situação e os frangos alojados no galpão automático tiveram um desenvolvimento melhor. Essa melhora no desempenho das aves deve-se a disponibilidade e acesso a ração, uma vez que o sistema automático permite uma reposição constante do alimento independente da presença do tratador. [...] Observou-se uma variação acentuada no ganho de peso semanal. Tal situação pode ser explicada se considerarmos o ambiente de produção animal como fator relevante ao desempenho animal.

[...] Quanto ao modelo de crescimento de frangos podemos registrar que o lote alojado em galpão automático obteve uma modelagem mais parecida com o estipulado pela Agroceres, empresa responsável pela linhagem. Os ajustes foram considerados bons considerando o coeficiente de determinação e houveram pequenas diferenças entre o ajuste obtido pelo Graphmática e pelo ajuste linear. Percebemos que o ajuste polinomial resume-se a um ajuste local não tendo valor para a área agropecuária.

Nesta fase, eles *validam o modelo* ao apresentar considerações sobre o mesmo.

Figura 2 – Curvas resultantes do ajuste polinomial e dos modelos logísticos da evolução do peso médio [...] alojados em galpão semi-automático e automático, seguida dos modelos AgRoss.



O modelo que descreve melhor o crescimento dos animais é o modelo logístico obtido através de ajuste linear, embora o ajuste polinomial indicasse melhor ajuste no período de alojamento dos animais. [...] Observamos também que, com relação à modelagem matemática utilizada neste experimento, tivemos a possibilidade de analisar todas as etapas do crescimento dos animais, podendo informar, que lote alojado em galpão automático poderia ter sido abatido por volta dos 35 dias de alojamento.

Com relação ao uso do cálculo do Índice de Eficiência e Produtividade concluímos que o modelo de galpão automático seria mais recomendado para criação de um lote de frangos de corte, por apresentar uma pontuação superior ao lote criado no modelo semi-automático, 207 e 260 pontos respectivamente.

Através da análise individual dos índices zootécnicos, observamos que o lote alojado no galpão automático apresentou desempenho superior ao lote alojado no galpão semi-automático no que

diz respeito à Conversão Alimentar e Viabilidade, atingindo médias de 92,89% e 1,88:1 respectivamente. Com relação ao Peso Médio observamos que o lote alojado no galpão semi-automático apresentou uma evolução de peso vivo superior atingindo 2,720 kg.

Para finalizar, eles *expressam o processo para conhecimento e entendimento:*

[...] é importante salientar que nas condições do presente experimento, o estresse imposto aos frangos em função dos manejos serem realizados pelos alunos, com o objetivo de propiciar momentos de aprendizagem, faz com que, normalmente, as aves não recebam as melhores condições de conforto e técnicas adequadas de manejo o que influenciam negativamente nos resultados produtivos dos lotes.

[...] Há necessidade de dar continuidade ao experimento para que possamos sanar as dúvidas existentes e auxiliar novos grupos de iniciação científica interessados em utilizar a matemática como apoio na produção zootécnica, uma vez que os princípios da matemática são de grande auxílio na análise do desenvolvimento e desempenho dos animais.

[...] os modelos que obtivemos foram resultado de vários ajustes, várias tentativas falhas [...] [...] obtidos via Excel ou Grafmática e analisados nas planilhas do Excel para comparação em busca de melhores índices.

As referências apresentadas no trabalho seguiram os preceitos estabelecidos pelo estilo utilizado na instituição, o qual se baseia nas normas técnicas da ABNT.

3.2.6 Mapa-guia 06 - Uso da modelagem matemática no estudo de curvas de lactação de vacas leiteiras holandesas da EAFRS.

Estudantes: Fernando Caus e Hugo kuneski.

Curso: Técnico em Agropecuária

Orientadores: Morgana Scheller e Everton Eduardo Lopes Dias Juffo.

Período do estudo: maio/2007 a julho/2008, em Iniciação Científica.

1 Síntese do estudo

Os estudantes buscaram verificar o comportamento da curva de lactação de animais da raça holandesa da EAFRS e expressar o mesmo por meio de um modelo. Dados advieram do registro da produção de leite de seis animais do setor de zootecnia. Obteve-se números de duas lactações de cada animal no período de 2005 e 2008. Verificaram que: 1) as curvas da maioria dos animais analisados não apresentam comportamento descrito na literatura; 2) existe diferença no comportamento das curvas de um mesmo animal; 3) o pico não ocorreu no período adequado. O modelo permitiu simular a curva de lactação dos animais.

2 Estudo em fases e subfases da Modelagem

2.1 Percepção e Apreensão: 1ª fase

Nesta fase, os estudantes buscam *reconhecer a situação problema*, a partir dos dados obtidos no estudo, e registram:

[...] A produção leiteira está presente em boa parte das propriedades rurais servindo como fonte alternativa de renda ou diretamente com propriedades que tem a produção leiteira como principal renda, variam de pequenas, médias e grandes propriedades. As curvas de lactação e os parâmetros calculados a partir delas, pico e persistência da lactação, vem sendo utilizado há muito tempo para auxiliar o manejo do gado leiteiro. [...] serve de base nas decisões referente ao

manejo e como ferramenta para obter maior produtividade. Existe um padrão que a literatura nos traz, o ideal seria que a vaca obedecesse esse padrão. Então busca-se que a lactação de um animal siga esse padrão, com ele consequentemente a produtividade será maior.

Na sequência, familiarizam-se com o assunto conforme:

A curva de lactação representa o gráfico de produção de leite de uma vaca ao decorrer de sua lactação em um período de aproximadamente 10 meses. Auxilia para a compreensão do sistema de produção leiteira. O entendimento ou dinâmica da curva serve de ferramenta aos produtores na previsão de produção e leite de seu rebanho nos seus estágios de lactação servido como base para seleção do rebanho. Ela também possibilita a identificação de certos erros de manejo no rebanho [...] e acompanhar a evolução da produção leiteira do animal e observar suas variações. Segundo Keown & Van Vleck (1973) citado por Meyer(2003) e Coldebella(2003), a curva de lactação pode ser dividida em três segmentos:

- 1- Do parto até pico de produção, que não é linear e aumenta a taxa declinante até o pico (que ocorre entre a 6ª e 8ª semana);
- 2- Do pico até aproximadamente 270 dias após o parto, que é linear e declina a taxa de forma constante (o ideal é que o animal apresentasse queda de produção após o pico de lactação de no máximo 10% a cada 30 dias, isto é, capaz de manter pelo menos 90% da produção a cada 30 dias após o pico de lactação);
- 3- No final da lactação, em que a produção declina a taxa crescente.

Figura 1: Ciclo de lactação e mudanças esperadas na produção de leite, na ingestão de matéria seca e no peso corporal.



Fonte: Costa, 2004

2.2 Compreensão e Explicitação: 2ª fase

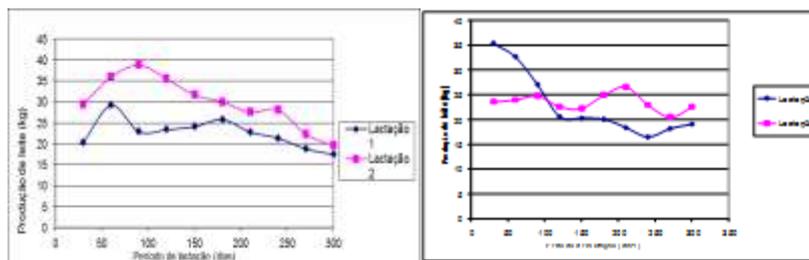
Nesta fase, eles estudam os dados e *formulam o problema* a partir do conhecido que dispõem.

Analizamos dados obtidos no setor de zootecnia III da EAFRS de 06 animais da raça holandesa registrados em planilhas do setor. Esses dados são referentes a lactações dos anos entre 2005 a 2008 desses animais cuja idade e número de lactações são quantidades diferentes. Pouco se sabe sobre o manejo nesse período de tempo. Os dados foram compilados e registrados em tabelas e utilizado de software para a representação gráfica.

Objetivo: verificar se os animais selecionados da raça holandesa da EAFRS possuem lactação que obedeça a um mesmo padrão e se essa lactação pode ser descrita por um modelo matemático, bem como verificar se todos os animais apresentam mesmo comportamento na curva de lactação.

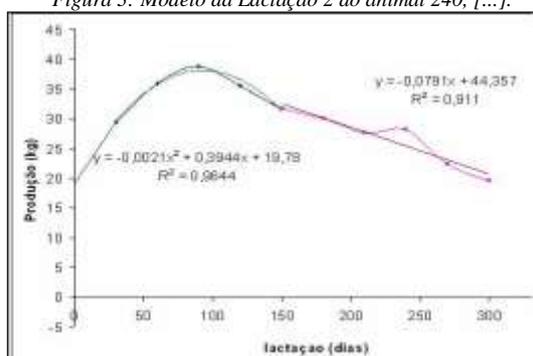
E na sequência, buscam *formular o modelo*, utilizando-se de tecnologias disponíveis obtidos no estudo, e registram:

Figura 2: Lactações registradas do animal 240 e 248 [...]



Neste trabalho utilizamos ajuste polinomial com auxílio do software Excel e método estatístico[...] “método dos mínimos quadrados”[...] que auxiliassem na estimativa de produção de leite na lactação a partir de resultados parciais. Alguns parâmetros são importantes nesta observação: produção inicial, produção no pico, tempo de pico, persistência e produção total de leite estimada na lactação. O modelo foi dividido em duas partes e obtido através de dois ajustes.

Figura 3: Modelo da Lactação 2 do animal 240, [...].



O modelo matemático obtido então, descreve a lactação do animal em função do período de lactação, foi definido por uma função compreendida por duas sentenças, tendo como resultado final:

$$y = \begin{cases} -0,0021x^2 + 0,3944x + 19,78, & \text{onde } 0 < x < 150 \\ -0,0791x + 44,357, & \text{com } 150 \leq x \leq 300 \end{cases}$$

Em seguida, os estudantes resolveram o problema a partir do modelo, como segue:

[...] observamos que a curva não obedece a um único padrão como o padrão literário, [...] varia de um animal para o outro bem como entre uma lactação e outra do mesmo animal.

[...] Para atender a um dos objetivos do trabalho que refere-se a obtenção de modelo matemático capaz de descrever a lactação do animal, partiu-se para a regressão e obtenção das curvas. Esse modelo para melhor ajuste está dividido em duas partes, pois vimos que parte da curva assemelha-se a uma parábola e outra parte a uma reta, oriundas de função de segundo e primeiro grau respectivamente. [...]

O pico de produção na linguagem técnica representa o ponto máximo de produção de leite do animal. Como matematicamente já encontramos o modelo que determina a produção de leite em função ao período de lactação, através dela chegaremos ao número que representa o pico de lactação descrito por Y vértice e o período que aconteceu, em X vértice.

$$X_v = \frac{-b}{2a} = \frac{-0,3944}{2 * -0,0021} = 93,4$$

De acordo com o modelo percebemos que o pico de produção ocorreu entre 63 e 93,4 dias de lactação. Ou seja o pico não aconteceu exatamente nos 93,4 dias depois do início da lactação mas sim entre esse período de tempo, ficando dentro da margem estabelecida pela literatura conforme pode ser visto na figura 1, mas não situa-se dentro do período estipulado por Coldebella(2003) estipulado entre a 6ª e a 8ª semana de lactação.

$$Y_v = \frac{-\Delta}{4a} = \frac{-(0,3944^2 - 4 * (-0,0021) * 19,78)}{4 * (-0,0021)} = 38,3$$

[...] o máximo de quilos de leite que o animal atingiu na lactação, ou seja o pico se deu quando o animal atingiu em média 38,3 kg de leite.

[...] O modelo $y = -0,0021x^2 + 0,3944x + 19,78$, onde $x < 150$ com $R^2 = 0,9644$ (coeficiente de determinação), [...] permite a obtenção dos valores da lactação deste animal no intervalo anterior a 150 dias. Isso significa que y representa a quantidade de leite (em quilos de leite) produzida pelo animal em função do tempo, no intervalo de tempo de 150 primeiros dias de lactação. A função y explica com 96,44% os valores a respeito da produção de leite, o que é considerado satisfatório.[...] já em $y = -0,0791x + 44,357$, com $150 \leq x \leq 300$, percebe-se que a lactação se torna decrescente até o momento de secagem desse animal. [...]91,1% da variação da lactação pode ser explicada pela variação do período de lactação.

2.3 Significação e Expressão: 3ª fase

Nesta fase, os estudantes *interpretam a solução* do problema a partir do modelo obtido e *validam o modelo* ao apresentar considerações sobre o mesmo, como se apresenta:

A representação gráfica das curvas mostraram que o pico de produção não aconteceu no estágio considerado normal e ocorreu uma oscilação muito grande na produção de leite entre animais e entre lactações de um mesmo animal, o que torna diferente o estudo das curvas de lactações por nós obtidas.

Os modelos obtidos foram diferentes do que indicava a literatura sobre a curva de lactação.

A lactação 2 da Fig. 7 e da Fig. 2 são as que mais se assemelham com o padrão literário, conseqüentemente a mesma figura mostra muita diferença entre uma lactação e outra do mesmo animal. Fazendo uma análise entre as duas lactações percebemos que a 2ª teve melhor desempenho se mostrando próximo ao padrão, embora ambas as lactações ocorrerem em meses próximos de seus respectivos anos

[...] O modelo [...] se divide em duas partes, uma função de segundo grau que é representativa do início da lactação até os 150 dias e outra descrita por uma função de primeiro grau compreendendo o intervalo de 150 até os 300 dias, período que se encerra a lactação do animal.

Baseado na primeira sentença do modelo $y = -0,0021x^2 + 0,3944x + 19,78$, onde $0 < x < 150$, é possível confirmar que a lactação apresentava inicialmente comportamento crescente ($b = 0,3944$, valor positivo) com uma produção inicial de leite de 19,78 kg. [...] Quanto a segunda, $y = -0,0791x + 44,357$, com $150 \leq x \leq 300$, [...] podemos visualizar na função esse decréscimo através do coeficiente angular negativo. Segundo Coldebella (2003), esse decréscimo a partir do pico deveria ser no máximo de 10%.

Apenas duas lactações das analisadas foram ajustadas e obtidos modelos polinomiais. [...] O modelo matemático obtido é constituído por duas sentenças, uma que descreve a produção do início da lactação até os 150 dias da mesma, a outra parte dos 150 dias até o momento em que se encerra a lactação por volta dos 300 dias. Verificou-se que o pico de lactação não se deu conforme o período em que a literatura mostrava. Mesmo sabendo que o modelo poderia ser constituído da primeira parte até o pico de lactação, resolvemos dividi-lo até os 150 primeiros por assemelhar-se melhor com a função polinomial de segundo grau e o restante do período com uma função polinomial de primeiro grau

Para finalizar, eles *expressam o processo* para conhecimento e entendimento:

Buscávamos encontrar um modelo matemático que expressasse a produção de leite ao longo de uma lactação, modelo este utilizado para a identificação do ponto de maior produtividade (pico de lactação) e o levantamento do decréscimo na produção de leite do pico até o momento de secagem do animal.

Tomamos por base estudos na literatura que mostrou como deveria se comportar as curvas de lactações dos animais: [...] no momento inicial deve ser crescente indicando que a produção irá aumentar gradativamente nos primeiros 2 meses aproximadamente chegando ao pico máximo de produção; a partir do pico, que persiste por alguns dias, a produção começa a diminuir gradativamente até o momento de secagem do animal que acontece por volta de 10 meses após o início da lactação.

Analisando os dados [...] de duas lactações de cada animal, cada uma das vacas apresentou curvas de lactação de comportamento diferente, não obedecendo o mesmo padrão. Um mesmo animal apresentou curvas diferentes também em suas duas lactações. Como cada animal do experimento mostrou uma situação diferente e [...] obtivemos curvas diferentes daquelas que a

literatura nos mostra, o que nos permite afirmar que o manejo afeta diretamente na curva de lactação e conseqüentemente com a produção.

As referências apresentadas no trabalho seguiram os preceitos estabelecidos pelo estilo utilizado na instituição, o qual se baseia nas normas técnicas da ABNT.

3.2.7 Mapa-guia 07 - Compostagem a partir de diversos resíduos orgânicos.

Estudantes: Giordani Battisti e Willian Ortega de Souza.

Curso: Técnico em Agroecologia.

Orientadoras: Graciane Pereira, Fátima Peres Zago de Oliveira e Morgana Scheller.

Período do estudo: maio de 2006 a julho de 2007, em Iniciação Científica.

1 Síntese do estudo

Apresenta-se análise de tipos de resíduo para elaboração de composto orgânico de qualidade para produção de alface e, também, do comportamento das diferentes leiras no período de compostagem. Dados advieram de experimento com cinco tipos de compostos realizados no setor de agroecologia do IFC e plantio de alface nestes compostos. Verificaram que: 1) o composto interferiu na qualidade das alfaces, as quais obtiveram melhores resultados onde se utilizaram os compostos feitos de esterco bovino com palha e resíduo de cozinha cru com palha; 2) o modelo de comportamento de redução da altura das leiras foi diferente no período de compostagem.

2 Estudo em fases e subfases da Modelagem

2.1 Percepção e Apreensão: 1ª fase

Nesta fase, os estudantes buscam *reconhecer a situação problema*, a partir dos dados obtidos no estudo, e registram:

O composto é de muita importância para a agricultura por seguir os conceitos da agroecologia, pois é uma maneira de nutrir as plantas com todos os macros e micronutrientes que ela necessita sem precisar usar qualquer tipo de insumos externos que podem prejudicar a natureza. Por essa razão uma pilha de composto não é apenas um monte de lixo orgânico empilhado ou acondicionado em um compartimento. É um modo de fornecer as condições adequadas aos microorganismos para que esses degradem a matéria orgânica e disponibilizem nutrientes para as plantas. [...]

O projeto zela pelos princípios da agroecologia por sermos estudantes deste curso na EAFRS e percebemos que os resíduos da escola não estavam sendo bem aproveitados [...].

Na seqüência, *familiarizam-se com o assunto* conforme:

A compostagem é o processo de transformação de materiais grosseiros, como palhada e estrume, em materiais orgânicos utilizáveis na agricultura. Este processo envolve transformações extremamente complexas de natureza bioquímica, promovida por milhões de microorganismos do solo que têm na matéria orgânica in natura sua fonte de energia, nutrientes, minerais e carbono. E [...] o composto é o resultado da degradação biológica da matéria orgânica, em presença de oxigênio do ar, sob condições controladas pelo homem. Os produtos do processo de decomposição são: gás carbônico, calor, água e a matéria orgânica "compostada".

Na agricultura agroecológica a compostagem tem como objetivo transformar a matéria vegetal muito fibrosa como palhada de cereais, capim já "passado", sabugo de milho, cascas de café e

arroz, em dois tipos de composto: um para ser incorporado nos primeiros centímetros de solo e outro para ser lançado sobre o solo, como uma cobertura. Esta cobertura se chama "murche" e influencia positivamente as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

A compostagem traz uma série de benefícios ao solo[...]: estímulo ao desenvolvimento das raízes das plantas, que se tornam mais capazes de absorver água e nutrientes do solo; aumento da capacidade de infiltração de água, reduzindo a erosão; mantém temperatura e os níveis de acidez do solo (pH); dificulta ou impede a germinação de sementes de plantas concorrentes; ativa a vida do solo, favorecendo a reprodução de microorganismos benéficos às culturas agrícolas.

2.2 Compreensão e Explicitação: 2ª fase

Nesta fase, eles estudam os dados e *formulam o problema* a partir do conhecido que dispõem:

[...] quais resíduos podem resultar em uma boa compostagem, ao ser testado com uma variedade de alface?

E na sequência, buscam *formular o modelo*, utilizando-se de tecnologias disponíveis obtidos no estudo, e registram:

Os resíduos utilizados para a compostagem foram esterco bovino, esterco de aves com uma pequena porcentagem de maravalha (pó de madeira), resíduos de cozinha crus, resíduos de cozinha cozidos e uma leira teste apenas com material fibroso (capim-elefante picado). Os compostos foram feitos em camadas, começando por uma de palha e intercalando palha e o resíduo que cada uma possuía, até serem feitas cinco camadas. Depois que as leiras estavam prontas, molhou-se cada uma com seis litros de água. No final do processo da compostagem foi feito um canteiro com cinco divisões (uma para cada tipo de composto) e espalhados 1,5kg de composto para cada divisão sendo revolvido até se uniformizar com a terra.

Quadro 01- Leiras para formação de compostagem com altura inicial de 30 cm.

Datas	Leiras de outros tipos		Leira fibrosa	
	Variação da altura/semana (cm)	Altura final por semana (cm)	Variação da altura/semana (cm)	Altura final/semana
Início: 09/11/06	0	30		30
16/11/06	- 1,2	28,8	-2,4	27,6
23/11/06	-1,2	27,6	-3,6	24
30/11/06	-1,2	26,4	-1,2	22,8
07/12/06	-1,2	25,2	-2,4	20,4
14/12/06	-1,2	24	-2,4	18
21/12/06	-1,2	22,8	-1,8	16,8
28/12/06	-1,2	21,6	-1,8	15
05/01/07	-1,2	20,4	-0,9	14,1
12/01/07	-1,2	19,2	-0,7	13,4
19/01/07	-1,2	18	-0,5	12,9
26/01/07	-1,2	16,8	-0,7	12,2
03/02/07	-1,2	15,6	-1,2	11
10/02/07	-1,2	14,4	0	11
17/02/07	-1,2	13,2	0	11
24/02/07	-1,2	12	0	11

Depois deste processo, foram transplantadas oito mudas de alface para cada tipo de composto, totalizando 40 mudas.

Quadro 2- Apresentação dos resultados das alfaces no dia 1º de julho na Agroecologia

Tipo de resíduo utilizado para Compostagem	DESENVOLVIMENTO DA ALFACE			
	Grande	Média	Pequena	Morte
Somente palha	4	2	1	1
Resíduos de cozinha crus + palha	4	2	2	0
Esterco bovino + palha	8	0	0	0
Resíduos de cozinha cozidos + palha	2	3	3	0
Esterco de aves c/ maravalha + palha	2	4	2	0

Em seguida, os estudantes *resolveram o problema* a partir do modelo, como segue:

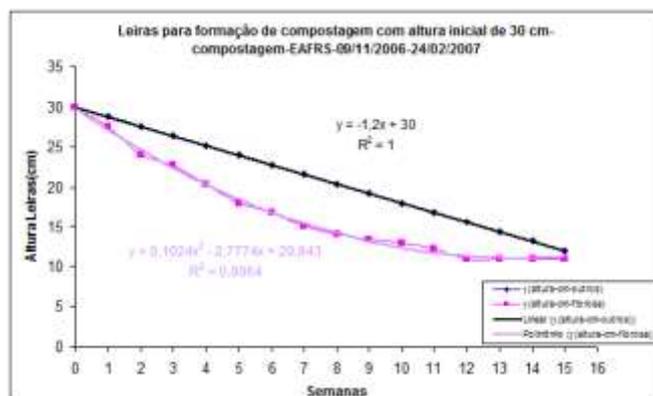


Figura 01- Evolução da altura das leiras para formação de compostagem, no período de 09/11/2006 a 24/02/2007, no setor de gestão ambiental da EAFRS.

2.3 Significação e Expressão: 3ª fase

Nesta fase, os estudantes *interpretam a solução* do problema a partir do modelo obtido, como se apresenta:

[...] as leiras diversas baixavam gradativamente em torno de 1,2cm a cada semana e no mês de fevereiro sua altura estabilizou com 11cm. A leira que possuía somente palha baixou mais rápido, variando seu decréscimo, por decomposição e por desestruturação do composto, porém terminou com a mesma altura que os diversos.

[...] Assim temos a função $y = -1,2x + 30$, onde y é a altura da leira e x é o tempo de decomposição. Temos o coeficiente angular (a) com valor igual a $-1,2$ (coeficiente de variação) e coeficiente linear (b) igual a 30. O valor de $a = -1,2$ indica que a leira diminui a altura em 1,2 cm a cada semana, $b = 30$ significa a altura inicial da leira. Essa taxa de variação (derivada) foi sempre a mesma mostrando que a compostagem feita pelos resíduos+ palha apresentou um comportamento uniforme.

Se considerarmos apenas a função, a altura da leira começará a diminuir indefinidamente a partir da 15ª semana, o que é um absurdo, pois a altura da leira estacionou. Portanto faz-se necessário indicar qual o domínio e imagem dessa função: $D(x) = \{x \in \mathbb{R} \mid 0 \leq x \leq 15\}$, $Im = \{y \in \mathbb{R} \mid 12 \leq y \leq 30\}$.

[...] $y = 0,1024x^2 - 2,7774x + 29,843$ [...] a leira baixou medidas diferenciadas a cada semana, [...] Coeficiente b : indica que [...] desde o início, houve diminuição na altura das leiras. [...] percebeu-se que houve decomposição dos resíduos até a 13ª semana e esse período pode ser reafirmado, utilizando o X_v (vértice da parábola): $X_v = 13,56$ semanas.

O desenvolvimento da alfaca foi num todo homogêneo, havendo uma pequena parte com disfunção em seu crescimento, logo após o seu transplante as plantas tiveram um ótimo crescimento[...].

Nesta fase, eles *validam o modelo* ao apresentar considerações sobre o mesmo e *expressam o processo* para conhecimento e entendimento:

[...] na avaliação das alfases analisou-se que as tratadas com o composto de **esterco bovino**, melhor se desenvolveram, em questões de cor, tamanho da planta, tamanho da folha e doenças. [...] Na avaliação de cada composto, percebeu-se diferentes resultados, chegando assim a conclusão de que o material utilizado influencia na qualidade do produto.

[...] percebeu-se que o comportamento inicial e final da altura das leiras foi parecido, apesar de que o comportamento do processo de degradação do composto foi diferente, isto é, variou no decorrer do tempo.

Na avaliação do processo de compostagem percebeu-se que os compostos com diversos resíduos baixaram gradativamente em torno de 1,2 cm por semana, enquanto que a leira de teste com

somente palha foi baixando [...] sem ter uma medida para cada semana e sim medidas diferenciadas como mostra Figura 01.

As referências apresentadas no trabalho seguiram os preceitos estabelecidos pelo estilo utilizado na instituição, o qual se baseia nas normas técnicas da ABNT.

3.2.8 Mapa-guia 08 - Respostas do milho em sistema de plantio direto e convencional no município de Agrolândia-SC, safra 2005-06.

Estudantes: David Junior Rodrigues, Gilberto Doering e Rodrigo Canani.

Curso: Técnico em Agropecuária.

Orientadores: Rodrigo Martins Monzani e Morgana Scheller.

Período do estudo: maio de 2005 a julho de 2006, em Iniciação Científica.

1 Síntese do estudo

Compara-se o plantio direto de milho com o convencional na busca de melhoria quanto à produtividade. Dados advieram de experimento com dois tratamentos realizado em uma propriedade particular, no município de Agrolândia (SC), mediante observação das variáveis: tamanho das folhas, peso das raízes e parte aérea, altura da planta, peso e umidade dos grãos. Verificaram que no plantio direto houve: melhores condições de arranque das plântulas; maior altura da planta, peso de talos e folhas. No plantio convencional: maior peso das raízes. Em termos de produtividade, o plantio direto obteve melhores resultados, além de maior quantidade de matéria orgânica.

2 Estudo em fases e subfases da Modelagem

2.1 Percepção e Apreensão: 1ª fase

Nesta fase, os estudantes buscam *reconhecer a situação problema*, a partir dos dados obtidos no estudo, e registram:

O milho (Zea mays L.) é uma gramínea da família Poaceae. Tem como centro de origem a América Central, ocupando posições significativas quanto ao valor da produção agrícola, área cultivada e volume produzido, especialmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. No entanto, apesar de sua grande importância, a produção de grãos por unidade de área ainda não traduz o potencial genético da planta. Essa defasagem entre os rendimentos potenciais pode ser atribuída a diversos fatores, incluindo retorno econômico. [...] Os níveis de tecnologias adotados não correspondem às exigências das cultivares selecionadas para semeadura.

Entre essas tecnologias, destaca-se a necessidade da melhoria na qualidade das condições físicas, químicas e biológicas do solo, visando a uma produção sustentada. A melhoria dos solos está geralmente relacionada ao adequado manejo, o qual inclui a rotação de culturas, o manejo da fertilidade, através da calagem e adubação equilibrada com macro e micronutrientes, utilizando fertilizantes químicos ou orgânicos como esterco, compostos, adubação verde, entre outros.

Na sequência, *familiarizam-se com o assunto* conforme:

O plantio direto é o processo de semeadura em solo não revolvido e devidamente protegido por resíduos vegetais de culturas anteriores, no qual as sementes são colocadas em sulcos ou covas com largura e profundidade suficientes para adequada cobertura e contato das mesmas com a terra. A cobertura de matéria seca sobre o solo funciona como um amortecedor do impacto das

gotas de água da chuva ou irrigação sobre o solo, não permitindo desta forma a desagregação das partículas, de forma que sua estrutura não seja danificada por seu impacto. Além disso, oferece uma resistência ao escoamento da água e diminuição da evaporação, facilitando a infiltração da água no perfil do solo e reduzindo assim o processo erosivo.

No preparo convencional são utilizados arados e grades de diferentes tipos. O arado [...] tem a função de mexer a terra, deixando expostas as sementes de ervas daninhas e as pragas à luz, para perder seu poder germinativo. A operação da gradagem tem por finalidade eliminar as ervas daninhas e pragas que nascem após a aração, além de quebrar os torrões de terra prejudiciais na cultura do milho.

2.2 Fase 2: Compreensão e Explicação

Nesta fase, eles estudam os dados e *formulam o problema* a partir do conhecido que dispõem.

Objetivo: analisar as principais técnicas de plantio do milho, comparando o plantio direto com o convencional em busca de melhores resultados quanto à produtividade. Também pretende analisar se o modo de plantio de maior rendimento também coincide com o que obteve maior material vegetal, visto que uma planta que possui um maior “arranque” tende a ter uma melhor produtividade.

Desta forma, foi implantado o experimento na propriedade do senhor Higino Doeringa, na localidade de Ribeirão Xaxim, município de Agrolândia, SC.[...] Dividiu-se um hectare em duas áreas homogêneas em termos de tamanho, topografia e fertilidade de solo. O experimento foi iniciado em 25 de agosto de 2005 com a semeadura da aveia preta.

Foram analisadas as seguintes variáveis: tamanho das folhas, folhas expandidas e folhas em expansão, peso das raízes, peso da parte aérea, altura da inserção da espiga (cm), tamanho da folha bandeira, peso e umidade dos grãos. Os resultados foram analisados utilizando procedimentos matemáticos e discutidos com base em conhecimentos agrônômicos até então conhecidos.

E na sequência, buscam *formular o modelo*, utilizando-se de tecnologias disponíveis obtidos no estudo e *resolvem o problema* a partir do modelo, como segue:

Quadro 05: Avaliação média da colheita do milho, cultivado no sistema de plantio direto e no convencional, no município de Agrolândia-SC, safra 2005-06.

<i>Análise do milho</i>	<i>PD</i>	<i>PC</i>
<i>Folha bandeira</i>	<i>13,75</i>	<i>11,75</i>
<i>Altura da inserção das espigas</i>	<i>127,75</i>	<i>113</i>
<i>Número de plantas</i>	<i>43,5</i>	<i>43</i>
<i>Peso dos grãos</i>	<i>5,106</i>	<i>4,39</i>
<i>Umidade (%)</i>	<i>17,55</i>	<i>18,2</i>
<i>Plantas tombadas/ha</i>	<i>1</i>	<i>2,5</i>
<i>kg/ha (18 a 25 % de umidade)</i>	<i>7508,75</i>	<i>6456,0</i>
<i>sacos/ha 18 a 25 % de umidade</i>	<i>125,1</i>	<i>107,2</i>
<i>Quantidade de umidade</i>	<i>392,4</i>	<i>383,15</i>
<i>kg/ha (13 % de umidade)</i>	<i>7116,35</i>	<i>6073</i>
<i>Sacos/ha (13% de umidade)</i>	<i>118,55</i>	<i>101,15</i>

Figura 06: Tamanho médio das folhas e altura da folha bandeira das plantas [...]

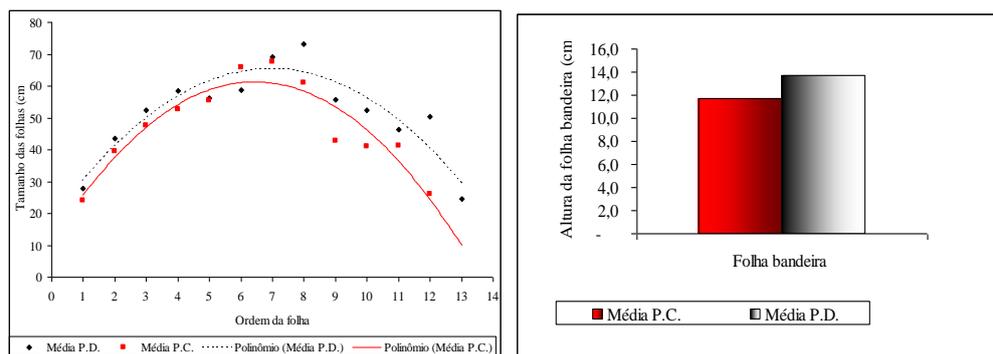
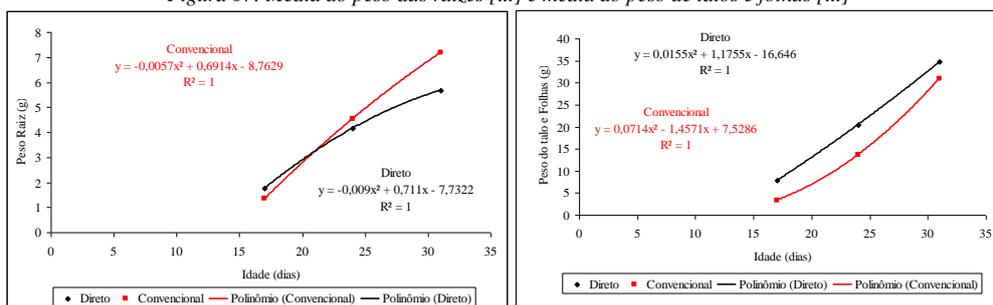


Figura 07: Média do peso das raízes [...] e média do peso de talos e folhas [...]



[...] $y = 0,0714x^2 + 1,14571x + 7,5285$, onde o y expressa o peso de talos e folhas em função de x que é a idade em dias. [...]

Os ajustes obtidos para altura da inserção das espigas, peso das raízes e peso do talo e folhas resultaram todos numa função polinomial de 2º grau, com coeficiente de determinação significativo para o ajuste. [...] As curvas obtidas têm domínio e imagem limitados, visto que existe um início de contagem de tempo para um limite de altura e/ou crescimento e/ou peso.

2.3 Significação e Expressão: 3ª fase

Nesta fase, os estudantes interpretam a solução do problema a partir do modelo obtido e validam o modelo ao apresentar considerações sobre o mesmo.

Com o preparo convencional houve uma redução na qualidade das propriedades físicas e químicas do solo nas camadas superficiais, proporcionando maior peso das raízes, por fazer com que estas viessem a buscar água e nutrientes em camadas mais profundas.

Além disso, ocorreram em alguns momentos déficits hídricos, impossibilitando a planta de realizar suas atividades fisiológicas basais, ao contrário do plantio direto, que com a camada de palha e melhor estrutura do solo, possibilitou realizar suas funções basais pela maior quantidade de água e nutrientes nas camadas superficiais, não sofrendo tanto com o estresse hídrico. Além disso, pela intensidade de vento na área de experimento e pela baixa resistência das plantas do plantio convencional, por possuir menor diâmetro de colmo, houve maior intensidade de tombamento de plantas em relação ao plantio direto.

O plantio direto apresentou maior altura da inserção das espigas, peso do colmo, folhas e produtividade, além do tamanho das folhas serem maiores. Isto pode ser explicado devido o plantio direto proporcionar uma camada de palha na superfície que aumenta o teor de umidade nesta região e a disponibilidade de nutrientes, reduzindo a evaporação da água presente no solo. Assim, tanto a água como os nutrientes estavam todos disponíveis na camada superficial, não necessitando o sistema radicular se desenvolver mais e se aprofundar. A altura da folha bandeira foi maior neste sistema de plantio, sendo que ela indica a qualidade fisiologia da planta, além do potencial produtivo da planta.

O plantio direto além de proporcionar um maior rendimento na safra, também possibilitou um controle eficiente da erosão e aumentou o armazenamento de água no solo, amenizando o estresse hídrico na fase do enchimento dos grãos, onde se observou um alto déficit hídrico que atingiu intensamente a lavoura.

O peso de talos e folhas do plantio convencional iniciou seu crescimento a partir do 10º dia.

Para finalizar, eles *expressam o processo* para conhecimento e entendimento:

Concluiu-se que o modo de plantio direto obteve melhor produtividade, além de maior desenvolvimento vegetativo e altura de inserção das espigas. No plantio convencional, percebeu-se que as raízes eram maiores, pois elas buscavam água e nutrientes nas camadas mais profundas, além de possuir maior quantidade de plantas tombadas, devido menor desenvolvimento.

Mediante as variáveis analisadas e os procedimentos matemáticos e agrônômicos, conclui-se que o plantio direto se mostrou em todos os critérios mais eficientes, com menor número de plantas tombadas.

As referências apresentadas no trabalho seguiram os preceitos estabelecidos pelo estilo utilizado na instituição, o qual se baseia nas normas técnicas da ABNT.

3.2.9 Mapa-guia 09 - Piscicultura: carpa húngara e carpa capim.

Estudantes: Claise Jeovana Sandrini, Jeferson Luchtenberg e Paulo R. Antunes Lazzarotto.

Curso: Técnico em Agropecuária.

Prof. Orientador: Karla Paola Picolli.

Período do estudo: maio/2004 a julho/2005, em Iniciação Científica.

1 Síntese do estudo

Apresenta-se comparação do desenvolvimento e rendimento de peso de duas variedades de peixes. Dados advieram do acompanhamento quinzenal da evolução do peso vivo e comprimento de vinte peixes das variedades carpa capim e húngara, durante sessenta dias. Verificaram que: 1) o ganho de peso da Capim foi superior ao da Húngara; 2) ambas tem crescimento e ganho de peso linear, expressado nas funções; 3) a biometria indicou que o ganho de massa da Carpa Capim foi superior ao da Húngara.

2 Estudo em fases e subfases da Modelagem

2.1 Percepção e Apreensão: 1ª fase

Nesta fase, os estudantes buscam *reconhecer a situação problema*, a partir dos dados obtidos no estudo, e registram:

A piscicultura surgiu no Brasil em torno de 1904 por iniciativa de Carlos Botelho, então secretário da agricultura. Na realidade os estudos sobre a piscicultura no Brasil somente adquiriram profundidade quando passaram a ser liderados por Rodolfo Von Ihering, por volta de 1927. No entanto a piscicultura de consumo está muito longe de alcançar o nível de desenvolvimento conseguido em outros em outros países, como Japão, Israel, etc... Porque o pescado não constitui para os brasileiros até o momento, gênero de primeira necessidade. Excetuando-se o Nordeste, onde os fatores particulares condicionam a piscicultura que vêm se dedicando a produção semi-intensiva de carpas e a região sul que também influência na produção de carpas.

Na sequência, *familiarizam-se com o assunto* conforme:

Piscicultura é a criação de peixes com finalidades de alimentação, comércio ou recreação, [...] é a área da zootecnia que ocupa a criação racional de peixe. A pesca em larga escala tornou-se a

tal ponto destrutiva que passou a ameaçar varias espécies que não conseguiram repor o espécime perdido com o processo de reprodução natural de peixes. Surgiu então a iniciativa de estimular a produção de grandes quantidades de ovos cultivados espécies de produção. Como diz PIREZ (1986 p.140): “A lagoa a ser construída vai depender muito do terreno e da água disponível”.

[...]Peixe da escama. Alimenta-se principalmente de matéria orgânica mas a algumas que se alimentam de capins como a carpa capim. O alimento deverá ser dado 3 vezes por semana, em cochos de 1,00 x 0,50 x 0,25m (altura), mas também poderá ser a lança como é o caso do capim para a carpa capim. O consumo médio é de 38 Kg/dia/há de lagoa. Temperatura ideal: o ideal é de 28°C.

Os Dois tipos de Carpas mais cultivados no Alto Vale são a carpa húngara e a capim. [...]. A Húngara é uma espécie de origem asiática cultivada praticamente em todo o mundo, [...] possui qualidades importantes para o cultivo como resistência a doenças facilidade de manejo e reprodução. [...] As variedades mais cultivadas são a carpa espelho, escama, e a colorida sendo que essa última é utilidade para fins decorativos. A carpa capim é uma espécie de carpa chinesa com a cabeça grande e prateada e come principalmente algas, plantas aquáticas, fruta, raízes e capim, como forma muito importante no policultivo, por manter o tanque limpo, além disso, as suas fezes abundantes ajudam a fertilizar a água facilitando a proliferação do plâncton, magra e de sabor semelhante da traíra e muito apreciado pelos consumidores. Tem crescimento muito bom e pode atingir até 1,5 no 1º ano. No cativeiro só se reproduz com indução artificial.

2.2 Compreensão e Explicitação: 2ª fase

Nesta fase, eles estudam os dados e *formulam o problema* a partir do conhecido que dispõem.

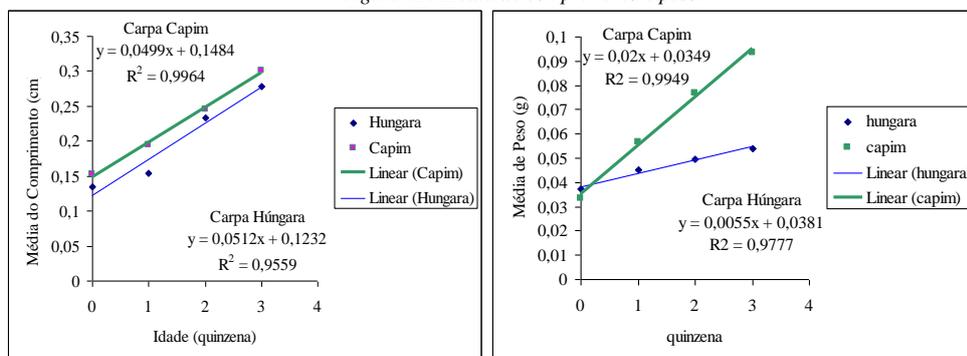
A piscicultura despertou interesse de estudo devido ao fato que culturalmente as pessoas não possuem o hábito de comer peixe, e temos conhecimento que o peixe tem grande importância alimentar, especialmente a carpa que é nosso objeto de estudo. Dentro deste contexto, nosso objetivo é comparar o desenvolvimento e o rendimento de peso das variedades carpa capim e húngara através da evolução do peso vivo e comprimento. Para tanto partimos dos seguintes questionamentos:

- Que tipo de alimentação é utilizado na criação das carpas?
- Qual das variedades terá melhor desenvolvimento com menor tempo de alimentação?

E na sequência, buscam *formular o modelo*, utilizando-se de tecnologias disponíveis obtidos no estudo:

Utilizou-se [...] lagoa de médio porte [...] e 15 alevinos, [...]10 exemplares da espécie húngara e 5 da espécie capim. [...] O desenvolvimento das espécies será avaliado por meio de uma biometria quinzenal em 10 exemplares da espécie húngara e 5 da espécie capim. [...] As duas espécies de carpas serão alimentadas com o mesmo tipo de alimentação (capim e ração). A biometria será realizada no período de janeiro a abril de 2005.

Figura 01: Média de comprimento e peso.



Em seguida, *resolveram o problema* a partir do modelo, como segue

[...] não houve nenhuma diferença muito expressiva em relação as duas espécies de carpa o ganho de comprimento foi praticamente igual entre as duas espécies pois teve o seu crescimento linear.

[...] a média de peso da Carpa Húngara que foi pesada através de uma Biometria quinzenal, começa com um peso acima do que a Carpa Capim, mas que depois a Carpa Capim cresce em peso ultrapassando as Carpas Húngaras, que fica muito em baixo do que em relação à Carpa Capim que tem um ganho de peso muito bom e que cresce a cada Biometria (medição e peso) feita pela equipe de estudante.

2.3 Significação e Expressão: 3ª fase

Nesta fase, os estudantes *interpretam a solução* do problema a partir do modelo obtido e *validam o modelo* ao apresentar considerações sobre o mesmo, como se apresenta:

Podemos constatar que as duas espécies de Carpas tiveram praticamente o mesmo crescimento no comprimento, [...] sendo 0,499 cm para a Capim e 0,512cm para a Húngara.

Houve uma grande diferença na taxa de ganho de massa entre as duas espécies, sendo que a espécie Carpa Capim teve um ganho de peso maior (0,0055g) do que a Carpa Húngara (0,002). Portanto, o ganho de peso da Capim foi em média 3,6g superior ao ganho de peso da Húngara.

O experimento indica que tanto o crescimento em comprimento, quanto o ganho de peso são lineares, expressos nas funções das Figuras 01 e 02, apresentando coeficiente de correlação entre 0,9559 e 0,9964.

Para finalizar, eles *expressam o processo* para conhecimento e entendimento:

O experimento mostrou que ambas tem crescimento e ganho de peso linear, expressado nas funções.

[...] concluímos que apesar de termos poucos resultados e de termos feito a Biometria num espaço curto de tempo que foi de apenas 2 meses, concluímos que a Carpa Capim é uma excelente espécie de Carpa e que tem um ganho de massa muito bom em relação à Carpa Húngara, pois já no comprimento praticamente não houve diferença.

As referências apresentadas no trabalho não seguiram os preceitos estabelecidos pelo estilo utilizado na instituição, o qual se baseia nas normas técnicas da ABNT.

3.2.10 Mapa-guia 10 - Aspectos econômicos da conservação de cebola roxa e crioula no Alto Vale do Itajaí, na safra 2004/2005.

Estudantes: Cleber Beppler, Fernando Carlos Voss e Olimar Diogo do Nascimento.

Curso: Técnico em Agropecuária.

Orientadores: Maicon Fontanive e Fátima Peres Zago de Oliveira.

Período do estudo: maio/2004 a julho/2005, em Iniciação Científica.

1 Síntese do estudo

Apresenta-se análise de comparação da resistência ao armazenamento entre as cebolas (*Allium Cepa*) roxas e crioulas. Dados advieram de cebolas colhidas após o plantio de cem mudas, as quais foram pesadas quinzenalmente, após a cura do produto olerícola, por um período de cinco meses e meio. Verificaram que: 1) houve perda de massa durante o armazenamento; 2) a cebola roxa se mostrou 17% mais produtiva que a cebola crioula; 3) a perda de massa total da cebola crioula foi de 37% em comparação aos 55% da cebola roxa. Em decorrência disto, constataram que, devido a baixas médias de preço pago ao produtor na safra 2004/2005, os

produtores que comercializaram a cebola no momento da colheita ou logo após, obtiveram lucros maiores se comparados aos que a armazenaram e comercializaram na entressafra.

2 Estudo em fases e subfases da Modelagem

2.1 Percepção e Apreensão: 1ª fase

Nesta fase, os estudantes buscam *reconhecer a situação problema*, a partir dos dados obtidos no estudo, e registram:

No Brasil, é considerada a terceira cultura olerícola de maior importância para a economia nacional.[...]No país ocorrem situações em que a cebola, sendo única fonte de renda dos produtores, precisa ser comercializada imediatamente após a colheita, até mesmo sem cura, para recuperar o escasso capital de giro e sustentar a família rural. [...] Em algumas regiões, como Nordeste e Sudeste, ainda são plantadas cultivares pouco adequadas, que não apresentam resistência ao armazenamento. Pelo fato dessas cultivares de cebola possuírem baixo teor de sólidos solúveis totais na sua composição, imediatamente após serem colhidas e curadas, necessitam ser comercializadas, gerando um grande fluxo de cebola de baixa qualidade no comércio.

Essa situação traz, conseqüentemente, quedas de preços, reduzindo a rentabilidade da cultura e elevando os níveis de perdas. Assim, no segundo semestre, observam-se quedas de preço por excesso de oferta, em razão da impossibilidade de armazenamento. No primeiro semestre, o escoamento dos estoques armazenados da cebola de ciclo tardio confronta-se com os da cebola importada da Argentina principalmente.

Na seqüência, *familiarizam-se com o assunto conforme:*

A cebolicultura constitui-se em atividade socioeconômica de significativa relevância para o estado de São Paulo, Santa Catarina e Rios Grandes do Sul, que [...] concentram aproximadamente 77% da produção.

O planejamento de produção de cebola inicia pela escolha do cultivo adequado para o plantio. Para um bom desempenho da cebolicultura, é necessário utilizar cultivares de alto potencial genético para uma boa qualidade e alta produtividade. Além disso, a globalização da economia tem provocado grandes alterações nos sistemas de produção de cebola, iniciando pela escolha da cultivar preferida pelos consumidores, cujas características principais são o formato arredondado ou globular dos bulbos, que obtenha maior produtividade, suporte o armazenamento, se adapte a nossa região e que resista a doenças.

A cebola cultivada em Santa Catarina ainda apresenta [...] variação na coloração e no formato de bulbos. Existem cebolas amarelas, vermelhas e roxas, todas em diversas tonalidades de cores. Os bulbos avermelhados apresentam maior aceitação comercial que os amarelos e roxos.

2.2 Fase 2: Compreensão e Explicitação

Nesta fase, eles estudam os dados e *formulam o problema* a partir do conhecido que dispõem.

O trabalho conservação de bulbos de cebola pretende auxiliar os produtores na escolha de uma variedade de cebola que seja produtiva e que possua resistência ao armazenamento.

Objetivo: comparar as variedades de cebola crioula e cebola roxa, buscando identificar qual delas é a mais resistente ao armazenamento e que por consequência fosse a mais lucrativa para o agricultor.

E na seqüência, buscam *formular o modelo*, utilizando-se de tecnologias disponíveis obtidos no estudo, e em seguida, *resolveram o problema* a partir do modelo, como segue:

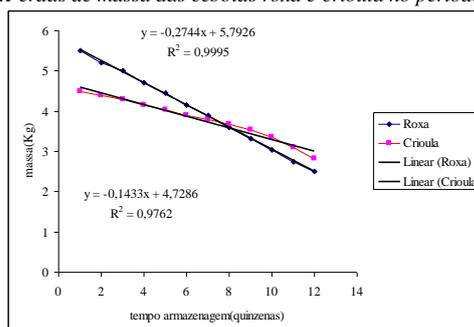
Utilizou-se [...] cebolas crioula e roxa [...] produzidas por 100 mudas, [...] armazenadas em estaleiros de galpão protegido. [...] Estas foram pesadas quinzenalmente, após a cura do produto olerícola, por um período de cinco meses e meio [...] (18/12/04 a 30/05/05).

Quadro 01: Comparativo da perda no armazenamento entre a cebola roxa e a crioula em cada quinzena de dez/2004 a mai/2005- Leoberto Leal

DATA	CEBOLA ROXA			CEBOLA CRIOULA			PREÇO de mercado (R\$)/Kg
	Massa total (Kg)	Perdas de água e podres(g)	Massa limpa (Kg)	Massa total (Kg)	Perdas de água e podres(g)	Massa limpa (Kg)	
18/12/04	5,5	0	5,5	4,5	0	4,5	0,40
02/01/05	5,5	300	5,2	4,5	100	4,4	0,40
18/01/05	5,2	200	5,0	4,4	100	4,3	0,40
02/02/05	5,0	300	4,7	4,3	150	4,15	0,45
16/02/05	4,7	250	4,45	4,15	120	4,03	0,45
05/03/05	4,45	300	4,15	4,03	130	3,9	0,45
20/03/05	4,15	250	3,9	3,9	100	3,8	0,40
03/04/05	3,9	300	3,6	3,8	120	3,68	0,36
18/04/05	3,6	280	3,32	3,68	150	3,53	0,40
03/05/05	3,32	280	3,04	3,53	180	3,35	0,55
18/05/05	3,04	290	2,75	3,35	250	3,10	0,70
30/05/05	2,75	250	2,50	3,10	270	2,83	0,40

Para melhor visualização dos dados para uma análise, optou-se por graficá-los e então fazer um ajuste de curvas para ver a correlação.

Figura 01: Perdas de massa das cebolas roxa e crioula no período de armazenagem.



[...] a cebola crioula mostrou-se mais resistente ao armazenamento do que a cebola roxa no período de desenvolvimento do trabalho.

2.3 Significação e Expressão: 3ª fase

Nesta fase, os estudantes *interpretam a solução* do problema a partir do modelo obtido e *validam o modelo* ao apresentar considerações sobre o mesmo, como se apresenta:

Na função [...] $y = -0,2744x + 5,7926$ (cebola roxa), y é igual à massa líquida após cada pesagem, o valor $-0,2744$ é a perda média quinzenal, X representa o tempo e o número $5,7926$ representa a massa inicial.

Quanto à análise do nível de perdas, antes de dizermos que a variedade de cebola crioula é melhor que as roxas para o armazenamento, também tem-se que levar em conta que a cebola roxa teve uma produtividade razoavelmente superior a da cebola crioula e que cebolas maiores tem maior tendência ao apodrecimento.

[...] As perdas totais no final do período de experimento representaram 37% para a cebola crioula e 55% para a cebola roxa, ou seja, uma diferença de 18% de perdas.

Se plantássemos 1(um) hectare de cebola no espaçamento normal de 0,33 m entre linhas e 8 plantas por metro linear, [...] resultaria numa população de [...] 240000 plantas [...], no caso da cebola roxa, teríamos uma produção média de 26400 kg por hectare e uma perda de 14520 kg com podridões e água. No caso da cebola crioula, com o plantio em espaçamento igual, a produtividade seria em torno de 21600 kg por hectare e a perda seria de 8880 kg, ou seja, ambas apresentaram produtividade média, acima da média nacional que é de 20000 kg por hectare.

[...] as médias de preço pago ao produtor na safra 2004/2005 durante a comercialização na entressafra foram relativamente baixas. [...] os produtores que comercializaram a cebola no momento da colheita ou logo após, tiveram lucros maiores se comparados aqueles que armazenaram a cebola e comercializaram na entressafra.

Para finalizar, eles *expressam o processo* para conhecimento e entendimento:

[...] a cebola crioula é mais resistente ao armazenamento do que a cebola roxa, [...] perdeu 37 % do peso do momento da colheita em 18/12/2004 até a última pesagem em 30/05/2005, [...] apresenta maior vida de prateleira, alcançando pico de lucratividade maior que as perdas ocorridas (preço compensatório). [...] A cebola roxa se mostrou superior na produtividade em 17 % em relação à cebola crioula, [...] perdeu 55% do seu peso no mesmo período, [...] apresenta menor aceitação no mercado que a crioula.

[...] Recomenda-se, então, o plantio de cultivares crioulas para quem for efetuar o armazenamento e realizar a venda no momento em que faltar o produto no mercado, e o plantio de cultivar roxa para venda logo após a colheita.

As referências apresentadas no trabalho não seguiram os preceitos estabelecidos pelo estilo utilizado na instituição, o qual se baseia nas normas técnicas da ABNT.

3.3 CONSIDERAÇÕES DESTE MAPA TEÓRICO

O intuito deste capítulo consistiu na apresentação dos subsídios empíricos da pesquisa. Para tal, fez-se inicialmente uma contextualização do espaço empírico em que as produções escritas de Modelagem Matemática foram realizadas e obtidas. Na sequência, apresentou-se uma síntese das dez produções dos estudantes expressas na forma de Mapas-guia.

Os Mapas-guia constituídos de fragmentos das produções originais foram elaborados contendo inicialmente uma síntese de todo o estudo, a qual é de autoria da presente pesquisadora. Na continuação, os Mapas contém uma estruturação diferente das produções originais. Esses foram elaborados considerando os pressupostos de Biembengut (2004, 2014, 2016) a qual divide o processo de Modelagem Matemática em três fases, cada uma sendo constituída de subfases.

Os Mapas constituintes do Mapa de Campo forma:

- O Mapa-guia 1 refere-se a uma produção cujo tema foi a curva de lactação de animais bovinos. Desenvolvido em 2010 e 2011, o trabalho versa sobre modelo matemático que descreve a lactação de um animal a partir da produção inicial de leite;
- O Mapa-guia 2 apresentou um trabalho a respeito do crescimento de frangos e suínos e foi desenvolvido em 2011 e 2012. O modelo permitiu comprovar que tais animais possuem curvas de crescimento com comportamento semelhante. Também possibilitou explicar os motivos da data de abate dos frangos;
- O Mapa-guia 3 trouxe um trabalho desenvolvido em 2009 e 2010. Nele os estudantes realizaram avaliação do armazenamento de cebolas com e sem palhagem observando dois

aspectos: perda de peso e deterioração de bulbos. O modelo permitiu identificar que não houve diferença expressiva entre os dois modos em relação à perda de peso. Já em relação ao segundo aspectos, o sistema de armazenamento sem corte implicou em perdas menores da produção;

- No Mapa-guia 4, os estudantes utilizaram Modelagem Matemática para avaliar os efeitos da aplicação de glicose em diferentes concentrações na produção de beterraba. Foi desenvolvido em 2008/2009 e o modelo permitiu verificar que a glicose não apresenta efeito benéfico na produção da olerícula;

- O Mapa-guia 5 apresentou um trabalho de Modelagem Matemática em que os estudantes avaliam dois sistemas de criação de frangos de corte. O modelo permitiu analisar o desenvolvimento do peso médio, desempenho dos lotes e período adequado para abate e inferir que o sistema automático de criação de frangos obtém melhores resultados;

- O Mapa-guia 6 apresentou um estudo sobre o comportamento da curva de lactação de animais da raça holandesa. Foi desenvolvido em 2007 e 2008 e o modelo permitiu identificar que vários dos animais não apresentam lactação como deveriam, necessitando atenção no manejo dos mesmos;

- No Mapa-guia 7 explicitou-se um trabalho em que os estudantes apresentaram estudo a respeito da compostagem a partir de diversos resíduos orgânicos, resultado de estudo desenvolvido em 2006 e 2007. O modelo permitiu que os estudantes verificassem que dois tipos de compostos interferiram na produção de muda de alface e que o processo de compostagem dos vários tipos de materiais necessita de períodos diferentes para finalizar;

- No Mapa-guia 8 apresenta-se trabalho em que os estudantes utilizaram a Modelagem Matemática para comparar dois sistemas de plantio de milho: o direto e o convencional. Ele foi desenvolvido em 2005 e 2006 e em seus resultados, evidenciou-se que o sistema de plantio direto tem melhores desempenhos em produtividade e matéria-orgânica;

- O Mapa-guia 9 trouxe expressão de um trabalho desenvolvido em 2004 e 2005 versando sobre criação de dois tipos de peixe: a carpa húngara e a carpa capim. A modelagem permitiu identificar que o ganho de massa da carpa capim foi superior;

- O Mapa-guia 10 apresentou um trabalho de Modelagem Matemática desenvolvido em 2004 e 2005, o qual possibilitou comparar a resistência ao armazenamento de dois tipos de cebolas: a crioula e a roxa. Identificaram que a cebola crioula apresenta melhores condições para armazenamento.

A partir da explicitação dos dez Mapas-guia, adensam-se as teorias expressas no Mapa Teórico para que se possa compreender a Linguagem Científica presente neles e explicitar em que medida a Modelagem Matemática contribui para o desenvolvimento da Linguagem Científica, atividade esta que se apresenta a seguir, no Mapa de Análise.

4 MAPA DE ANÁLISE

Este capítulo está reservado para apresentação do Mapa de Análise, resultado da interação dos mapas teóricos e de campo, na busca de compreender os dados no contexto de sua elaboração e responder ao objetivo: *analisar a Linguagem Científica expressa nas produções escritas de estudantes do Ensino Médio Integrado a fim de especificar em que medida a Modelagem Matemática contribui para o desenvolvimento da Linguagem Científica*. Nesta parte da tese, apresenta-se a interpretação e avaliação dos entes com o objetivo de “transformar dados e informações em conhecimento e saberes” e “determinar valor, julgar, apreciar” (BIEMBENGUT, 2008, p.120).

De acordo com Biembengut;

Para fazer a análise da pesquisa, precisamos de percepção acurada dos diversos entes envolvidos; e ainda, saber: identificar a estrutura e os traços dos entes pesquisados, julgar o que é relevante e o respectivo grau de relevância, conjugar os dados e organizar os dados de forma a delinear um mapa, satisfazendo assim as exigências da pesquisa. Isso vai requerer que se estabeleçam códigos ou signos que viabilizem a interpretação pelos leitores como se fosse uma simples prosa (2008, p. 118).

A análise da linguagem científica das produções considera que na Modelagem, a linguagem possui um fim específico: o aprender, além da matemática, a pesquisar e, conseqüentemente, desenvolver o senso criativo, o crítico e o reflexivo expresso por meio da linguagem verbal e não verbal ocorridas nas relações dialógicas durante o processo. Os registros utilizados no processo de Modelagem que se findam na validação e expressão do modelo ou de toda a atividade de Modelagem, necessitam do uso de uma linguagem que vise a expressão de conceitos científicos. Isso quer dizer, dotados de linguagem clara, coesa, coerente e simples. Portanto, os modelos, expressos na forma de linguagem verbal escrita e/ou pictórica para transpor da linguagem natural para a linguagem científica exige do estudante a utilização de mecanismos superiores – o pensamento, que existe devido à linguagem.

A escrita, função textual da linguagem (HALLIDAY, 1994), pode ser considerada como reveladora de um sistema conceitual coerente e significante, pois expressar-se nesta forma, utilizando-se de vários tipos de linguagem contribui para que o estudante organize e sistematize o aprendizado no processo. Considera-se nesta pesquisa que a escrita revela a expressão do pensamento (refere-se a função da linguagem de Vygostky - pensamento generalizante) dos estudantes do processo de Modelagem Matemática percorrido, fundamentado no contexto social em que foi elaborado. Também serve como subsídios característicos do uso e apropriação de linguagem científica no Ensino Médio. Então, a seguir,

apresentam-se a estrutura do Mapa de Análise e os procedimentos utilizados na análise. Em seguida, materializam-se os resultados obtidos e discussão a respeito da linguagem científica dos estudantes de Ensino Médio com produções de Modelagem.

Mapa 18 – Composição do Mapa de Análise da tese.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.1 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE

Para a análise a linguagem científica dos estudantes expressa nas produções escritas de Modelagem Matemática consideram-se pertinentes dois aspectos distintos, porém inter-relacionados: aspectos linguísticos e matemáticos. Defende-se que como a Modelagem Matemática perpassa pelas etapas semelhantes as da pesquisa e ainda contempla e envolve conceitos matemáticos. Sendo assim, torna-se pertinente a consideração na análise destes dois aspectos materializados por: características de linguagem científica descritas por Halliday (1993b); o letramento matemático do PISA 2012 (INEP, 2012), característico de um estudo com Modelagem Matemática; e a presença de representações visuais (gêneros multimídias) Lemke (1998a, 1998b, 1999, 2002 e 2010).

A análise da linguagem científica nos escritos nas produções dos estudantes se baseia em uma adaptação destas características teóricas e elegeram-se quatro categorias de análise, conforme Mapa 19.

Mapa 19 - Categorias e subcategorias para análise das produções escritas.

1 - Taxonomia técnica	1.1 Terminologia específica 1.2 Densidade Léxica
2 - Processos semântico-gramaticais	2.1 Processos nominais 2.2 Processos verbais
3 – Representações visuais	
3 - Letramento Matemático	

Fonte: Elaborado pela autora.

As categorias englobam os aspectos linguísticos particulares da linguagem científica, representados nas duas primeiras e também aspectos relativos à aplicação dada à Matemática (Modelagem Matemática), em cada uma das produções, todas pertinentes ao nível de ensino dos estudantes. Para o estabelecimento das categorias, sua definição e sua descrição foi considerado o aporte teórico de Modelagem e Linguagem Científica. Elas se dividem em dois grupos cuja unidade de análise corresponde:

- (1) cada uma das três frases (categorias 1 e 2);
- (2) qualquer frase/parágrafo que contenha equações, funções, gráficos, tabelas, esquemas, fluxogramas (modos pictóricos e diagramáticos) ou linguagem natural pertinente à interpretação de conceitos matemáticos (categorias 3 e 4).

A seguir a descrição de cada uma das categorias de análise e a apresentação de níveis dos indicadores por nível de complexidade:

1- Taxonomia Técnica: refere-se a um sistema de classificação das palavras que se faz uso no contexto social, ao fazer uso de linguagem. Nesta categoria, observam-se os termos utilizados específicos do tema (tanto da área específica quanto da linguagem matemática) e também a densidade léxica da informação textual:

A) *Terminologia específica:* termos utilizados para expressão das ideias que contém significado elementar no contexto específico⁵⁹. Para Halliday (1993b, p. 73, tradução nossa) são “construções altamente ordenadas nas quais cada termo tem uma definição funcional”. Elas dão nomes a entidades, classes e processos e a sua utilização pode ser classificada e exemplificada como:

(i) termos básicos (termos utilizados para expressão com característica de linguagem comum):

⁵⁹ Os termos representativos estão sublinhados ao longo dos fragmentos. Válido para demais categorias.

Avaliar a crescimento significa conhecer mais de perto a realidade da sua criação e isso ajudará o produtor a se organizar para saber quando ele obterá o lucro, reduzindo custos. (MG2).

(ii) termos técnicos comuns (termos relacionados à área do conhecimento com escrita correta da linguagem):

Apesar de não ter sido observado diferença estatística entre os tratamentos, [...] a cebola armazenada sem o corte do talo perde menos peso durante o armazenamento, sendo mais promissor para o armazenamento desta hortaliça. (MG3).

(iii) termos ou expressões técnicas especiais (termos ou expressões técnicas utilizados na linguagem científica característicos de determinada área específica de estudo (técnica e matemática) e, na maioria das vezes, desconhecidos por aqueles que não são conhecedores desta área):

Além disso, pela intensidade de vento na área de experimento e pela baixa resistência das plantas do plantio convencional, por possui menor diâmetro de colmo, houve maior intensidade de tombamento de plantas em relação ao plantio direto. (MG8).

B - *Densidade léxica*: refere-se à proporção de palavras que tem significado real dentro de uma frase. Para Halliday (1993b, p. 76, tradução nossa) trata-se da “medida da densidade de informações em uma determinada passagem do texto de acordo com o quão firme os itens léxicos estão agrupados na estrutura gramatical”. Pode ser determinada de duas maneiras: (i) número de palavras com significado na oração (HALLIDAY, 1993b); (ii) porcentagem de palavras com significado na frase ou texto, em relação ao total (EGGINS, 1994).

Dentre as palavras que expressam significado incluem-se substantivos, adjetivos, a maior parte dos verbos e alguns advérbios (imprescindível para significar na frase); excluem-se os verbos auxiliares, preposições, artigos, conjunções, pronomes e alguns advérbios. A contagem dos itens léxico foi realizada manualmente, não sendo utilizado nenhum programa específico tal fim, nem para determinação do percentual de densidade léxica.

Neste estudo, após definido o percentual de densidade léxica das frases componentes dos Mapas-guia, classifica-se⁶⁰ e exemplifica-se a densidade léxica como:

(i) reduzida (menor que 46,95%):

Nosso problema foi gerado através de um conhecimento empírico que o nosso professor orientador nos apresentou, onde esse dizia que a aplicação de glicose na cultura da beterraba poderia ter um efeito estimulante no desenvolvimento da mesma, [...]. (MG4).

(ii) moderada (entre 46,95% e 51,4%):

⁶⁰ Para definir o nível de densidade léxica de cada etapa, considerou-se a variação entre os percentuais médios máximos (54,85%) e mínimos (43,14%) existentes entre as etapas de todos os Mapas-guia o que resultou em amplitude de 11,71%. De todos os valores percentuais obteve-se: desvio padrão (3,07%) e a média (49,86%). A amplitude de cada uma das três faixas foi encontrada pela razão entre a amplitude total (11,71%) e o desvio padrão (3,07), obtendo 46,96% e 51,03% como limites superiores da densidade reduzida e moderada.

Desta forma a avaliação da produção de leite nas propriedades que adotam métodos de controle torna-se, [...] mais organizada quando feita pela projeção de curvas de lactação de cada animal. (MG1).

(iii) intensa (maior que 51,4%):

O pico de produção na linguagem técnica representa o ponto máximo de produção de leite do animal. (MG6).

2- Processos semântico-gramaticais: refere-se à utilização nominal e verbal na construção de argumentos lógicos; ao estado de como encontram os estratos (níveis organizacionais) gramaticais e semânticos nas frases, ou seja, ao significado e o modo em que este significado se apresenta ao longo das unidades de análises. Varia de simples nominalizações até a presença de metáforas gramaticais (referem-se ao processo em que fenômenos - ações, eventos, processos mentais, e relações - são codificados como coisas ou objetos e substituídos por substantivos, permitindo a formação de processos longos e completos). Os processos verbais também são importantes para verificação do significado. Ao analisar os processos semântico-gramaticais nos textos dos estudantes, observam-se duas subcategorias: processos nominais e processos verbais.

A - Processos nominais: processo que origina nomes (substantivos) formados a partir de outro item lexical de outra categoria de sintática como, principalmente, verbos e adjetivos, preservando o mesmo significado do verbo base, como atuação (atuar), abertura (abrir), dureza (duro). Estes nominais apresentam, além do significado básico da ação do verbo base, outros diversos significados. Apontaram-se três tipos:

(i) nominalizações simples – unidades de análise contendo apenas substantivos formados a partir de verbos ou adjetivos, sem a formação de processos metafóricos:

[...] concluímos que o açúcar não interferiu no desenvolvimento da beterraba. (MG4).

(ii) nominalização mista – há existência de um processo nominalizado ou mais de uma oração ligadas por conjunção ou por verbos que não sejam de relação:

Observou-se uma variação acentuada no ganho de peso semanal. (MG5)

(iii) metáforas gramaticais – presença de dois processos unidos por verbo de relação:

O conhecimento da curva de crescimento possibilita a adoção de praticas de manejo que otimizem a produção de carne. [...]. (MG2).

B - Processos verbais – decorrentes da anterior refere-se à caracterização que o verbo assume na sentença. Os processos verbais: voz, tempo e linguagem textual do discurso têm relação direta com a objetividade do texto.

(1B) voz – forma assumida pelo verbo na frase, podendo ser ativa, mista ou passiva;

(2B) tempo - representa esta subcategoria o tempo verbal utilizado pelos estudantes em suas escrituras, em todas as fases do processo, podendo ser no tempo passado, presente ou contendo ambos em uma mesma unidade.

(3B) linguagem textual do discurso - forma linguística em que o discurso (enunciado e fluxo textual) é apresentado no texto evidenciando o grau de intervenção do autor no texto marcado pela pessoalidade ou não do verbo. Pode ser pessoal, mista ou impessoal.

A partir da dessas considerações, elenca-se e exemplificam-se os três tipos:

(i) verbos na voz ativa e no passado e linguagem pessoal no discurso:

Podemos constatar que as duas espécies de Carpas tiveram praticamente o mesmo crescimento no comprimento, [...] sendo 0,499 cm para a Capim e 0,512cm para a Húngara. (MG9).

(ii) formas verbais mistas:

Com os dados obtidos podemos observar que a aplicação de açúcar teve um efeito negativo comparado com o bloco testemunha, com zero grama de açúcar e também que uma alta concentração de açúcar pode apresentar toxicidade para a planta. (MG4).

(iii) verbos na voz passiva, presente e linguagem impessoal no discurso:

Entre essas tecnologias, destaca-se a necessidade da melhoria na qualidade das condições físicas, químicas e biológicas do solo, visando a uma produção sustentada. (MG8).

3 – Representações visuais: relacionado aos aspectos visuais da escrita, deve conter diferentes modos pictóricos e diagramáticos de representação visual (imagens, quadros, tabelas, expressões simbólicas matemática, esquemas ou diagramas) para a produção de significados (LEMKE, 1998).

Estes recursos semióticos devem propiciar a construção de significados *tipológicos* (sistemas de signos analisados por analogia com a linguagem natural. Relaciona-se à classificação, à categorização) e *topológicos* (significado de um elemento pode mudar por graus infinitesimais, ao invés de simplesmente mudar de uma categoria para outra). Constitui-se de uma presença simultânea de linguagens associadas por dois processos distintos de construção de significados. Desse modo, durante a utilização conjunta de diversas representações visuais e linguagem natural, estas linguagens (duas ou mais) podem atuar no texto com função semelhante (reforçam o significado) ou distinta (trazem um novo significado).

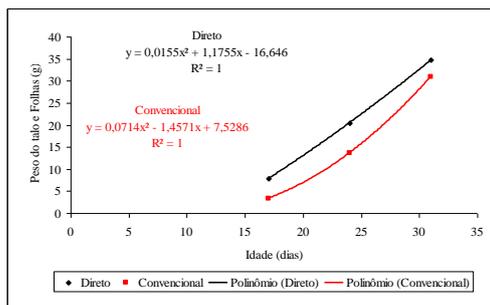
(i) presença de representações visuais no texto para condensar informações, melhorar entendimento do que está sendo representado, quebrar com a linearidade do texto e propiciar construção de representações mentais a respeito do que está sendo tratado.

Tabela 1 – Índices zootécnicos obtidos na criação de lotes de frangos de corte alojados em galpões modelo semi-automático e automático, [...]

Índices Zootécnicos	P M (Kg)	VB	C A	IA(dias)	IEP
Semiautomático	2,720	94,15	2,43	51	207
Automático	2,574	92,89	1,88	49	260

(MG5)

(ii) representações visuais atuando conjuntamente na construção de significados tipológicos/topológicos e desempenhando no texto funções semelhantes.



[...] $y = 0,0714x^2 + 1,14571x + 7,5285$, onde o y expressa o peso de talos e folhas em função de x que é a idade em dias. [...] (MG8)

(iii) presença de representações visuais na construção de significados topológicos e desempenhando diferentes funções:

Assim temos a função $y = -1,2x + 30$, onde y é a altura da leira e x é o tempo de decomposição. Temos o coeficiente angular (a) com valor igual a -1,2 (coeficiente de variação) e coeficiente linear (b) igual a 30. O valor de a = -1,2 indica que a leira diminui a altura em 1,2 cm a cada semana. b = 30 significa a altura inicial da leira. Essa taxa de variação (derivada) foi sempre a mesma mostrando que a compostagem feita pelos resíduos+ palha apresentou um comportamento uniforme. (MG7).

4) Letramento matemático: refere-se à capacidade do estudante de formular, empregar e interpretar a matemática em diferentes contextos, incluindo o desenvolvimento da capacidade de raciocínio matemático. Também a aplicação de conceitos, procedimentos, ferramentas e fatos matemáticos para descrever, explicar e prever fenômenos. Quer dizer, o domínio e utilização de ferramentas e conceitos matemáticos no processo de Modelagem para obtenção do modelo e resolução do problema.

(i) formulam situações matematicamente utilizando conhecimento matemática de Ensino Fundamental:

Utilizou-se [...] experimento em canteiros, [...] 1m x 2m, [...] em São Joaquim, tendo 36 plantas por bloco, com 4 blocos e apenas uma repetição. (MG4).

(ii) utilizam os processos de formular e empregar conceitos, ferramentas e procedimentos matemáticos na elaboração do modelo utilizando para isto conhecimento matemático de Ensino Médio, porém sem integração de conceitos:

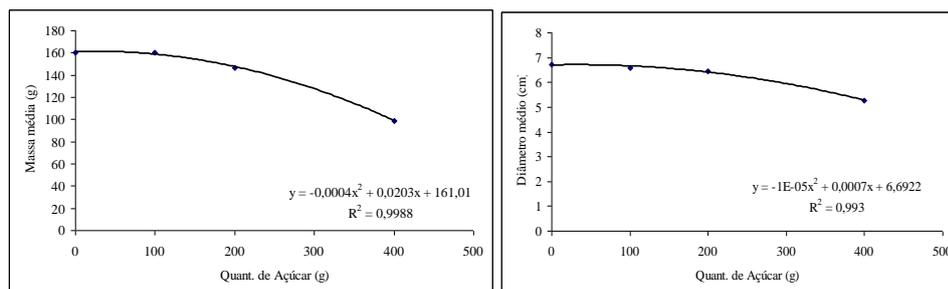


Figura 1: Evolução da massa e do diâmetro em relação a quantidade de açúcar.

(MG4)

(iii) formular, empregar e interpretar a matemática nas soluções das situações-problema fazendo uso de integração de múltiplos conceitos:

[...] Assim temos a função $y = -1,2x + 30$, onde y é a altura da leira e x é o tempo de decomposição. Temos o coeficiente angular (a) com valor igual a $-1,2$ (coeficiente de variação) e coeficiente linear (b) igual a 30 . O valor de $a = -1,2$ indica que a leira diminui a altura em $1,2$ cm a cada semana, $b = 30$ significa a altura inicial da leira. Essa taxa de variação (derivada) foi sempre a mesma mostrando que a compostagem feita pelos resíduos+ palha apresentou um comportamento uniforme. (MG7).

De posse da conceituação das quatro categorias, a avaliação dos escritos dos estudantes considerou três diferentes níveis para classificar o grau (nível) de linguagem científica em cada produção, da seguinte maneira:

- *Nível 1:* utilização de Modelagem Matemática pelos estudantes e o processo expresso é caracterizado por: texto pouco denso, desprovido de metáforas e contendo apenas termos nominalizados, por consequência, apresenta uma linguagem mais narrativizada. Também reduzido número de representações visuais (menos de duas) e utilização de conceitos matemáticos fundamentais na resolução do problema;
- *Nível 2:* utilização de Modelagem Matemática cujo processo é caracterizado pela presença de: expressiva densidade léxica e termos específicos, texto com presença de processos nominalizados, porém desprovido de metáforas. Por consequência, ter-se-á uma linguagem mais descritiva. Apresenta dois ou mais tipos de representações visuais desempenhando funções semelhantes e emprego dos processos de formular e expressar conceitos matemáticos do Ensino Médio na elaboração do modelo, porém sem integração destes;
- *Nível 3:* utilização de Modelagem Matemática cujo processo apresenta predomínio de: expressiva e alta densidade léxica com termos específicos, contendo metáforas gramaticais para formação de longos e complexos períodos, os quais imprimem ao texto a presença de argumentações e explicações, por exemplo. Também apresentam três ou mais representações visuais desempenhando funções distintas

nos processos de formular, empregar e interpretar a matemática nas situações-problema. Assim, integrando conceitos matemáticos do Ensino Médio ou superior para obtenção do modelo e resolução do problema.

Para tanto, o modelo avaliativo para análise da linguagem científica nas produções de Modelagem de estudantes do Ensino Médio é obtido por meio da combinação desses três níveis necessários para avaliação de cada uma das unidades de análise dos escritos contidas nas dez produções, nas quatro categorias, conforme Mapa 20.

Mapa 20 – Níveis para avaliação da escrita nas categorias de análise.

Categ.	Nível	Descrição de cada nível da categoria
Taxonomia Técnica	1	Presença de termos utilizados para expressão com característica de linguagem comum e, conseqüentemente, baixa densidade léxica.
	2	Presença de termos relacionados à área do conhecimento do tema com escrita correta da linguagem e, com moderada densidade léxica.
	3	Presença de alta densidade léxica e de termos ou expressões técnicas utilizadas na linguagem científica e desconhecidas por aqueles que não são estudiosos ou conhecedores de um determinado ramo.
Processos Semântico-gramaticais	1	Predomínio de nominalização simples (palavras em que verbos e adjetivos que são representados como substantivos na forma de informação dada). Presença de palavras nominalizadas em frases de uma única oração ou em frases em que há relação entre duas partes da oração com de verbo que não são de relação ou conjunção. Geralmente, têm-se verbos de ação com voz ativa e marcas de pessoalidade.
	2	Predomínio de nominalização mista ou processos metafóricos. Presença de: (i) um único processo nominalizado formado sem auxílio de verbos de relação ou de ligação; (ii) conjunção como elemento de ligação causal (exemplo, desde, então, ou, pois, entre outras) entre dois ou mais orações e processos nominalizados.
	3	Predomínio de metáforas gramaticais– processos nominalizados unidos por verbos que expressam relações temporais (ser, simbolizar, ter, implicar, por exemplo) e de causa-efeito (quando, se, representa, entre outros) necessárias à explicação e argumentação científica. Por conseqüência, linguagem impessoal predominando no texto.
Representações visuais	1	Presença de representações visuais, como imagens, quadros tabelas, gráficos, expressões simbólico-matemática, esquemas ou diagramas, para construção de significados topológicos.
	2	Presença de representações diferentes, como imagens, quadros tabelas, gráficos, expressões simbólicas matemática, esquemas ou diagramas. A presença conjunta das representações propicia a construção de significados tipológicos e topológicos, desempenhando no texto as várias linguagens com funções semelhantes.
	3	Presença diferentes representações, como imagens, quadros tabelas, gráficos, expressões simbólicas matemática, esquemas ou diagramas. A presença conjunta das representações propicia a construção de significados tipológicos e topológicos, desempenhando no texto as várias linguagens com funções distintas.
Letramento Matemático	1	Predomínio de fundamentos matemáticos do Ensino Fundamental e de ferramentas utilizados na formulação de situações-problema em diferentes contextos.
	2	Predomínio de conceitos referentes ao nível/ano - função de uma variável, estatística e geometria - para formular e empregar tais conceitos, ferramentas e procedimentos na elaboração do modelo, integrando-os com o tema para resolução do problema.

	3	Predomínio de integração de múltiplos conceitos - integra conceitos/conteúdos do nível ou além do nível escolar para formular o problema, empregar procedimentos e ferramentas, e interpretar/explicar/obter o modelo e interpretar a solução da situação-problema.
--	---	---

Fonte: Elaborado pela autora.

Na sequência, é feita a fragmentação dos Mapas-guia em unidades de análise, em planilhas (*Microsoft Excel*), de cada uma das produções, de acordo com as três fases da Modelagem Matemática descrita por Biembengut (2014). A avaliação das unidades de análise nas quatro categorias estipuladas é feita com registros dos valores absolutos (1, 2 ou 3) e organizadas em tabelas da planilha. Obtêm-se então a média dos valores de cada uma das três primeiras categorias, em cada fase da Modelagem e, também, no geral de cada trabalho. No caso das duas últimas categorias, considera-se como valor final apenas a maior avaliação encontrada na produção.

Para auxiliar a discussão dos resultados utilizou-se, além da análise qualitativa dos resultados, teste de associação e correlação dos dados⁶¹, característicos de pesquisa quantitativa. A avaliação da linguagem científica foi realizada por meio de comparações entre as categorias e entre as produções tanto ao longo do tempo quanto ao longo das três fases da Modelagem.

Para avaliar em que medida os estudantes expressam a Linguagem científica nas produções de Modelagem, considerou-se que um texto característico deste tipo de linguagem deva expressar: (i) taxonomia técnica; (ii) presença de nominalizações e metáforas gramaticais; (iii) frases prolongadas, densas e estruturadas, resultantes de metáforas gramaticais; presença de argumentações; (v) Representações visuais e linguagem natural desempenhando funções distintas na produção de significados tipológicos/topológicos; (vi) utilização das habilidades de formular, planejar e interpretar conceitos matemáticos integrados de Ensino Médio, na elaboração do modelo e resolução do problema. Para definir em que medida os estudantes do Ensino Médio expressam a Linguagem Científica nas produções de Modelagem Matemática, utilizou-se escores padronizados. Por sua vez, esta medida servirá também para avaliar em que medida a Modelagem Matemática contribui para o desenvolvimento da linguagem científica.

Um escore padronizado (conhecido como escore Z), valor utilizado na comparação de resultados individuais dentro de um conjunto de dados, indica a posição relativa de um dado

⁶¹ Utiliza-se para estabelecer uma possível associação entre duas amostras ou conjunto de dados. O coeficiente de correlação de Pearson (r) mede o grau de alinhamento entre duas ou mais variáveis sob investigação (TRIOLA, 2005).

dentro do conjunto ao qual pertence. É obtido subtraindo-se de cada valor de uma variável (ou conjunto de dados) a sua média e dividindo-se o resultado obtido pelo desvio padrão da variável (ou conjunto de dados). Normalmente, um escore Z não é utilizado em sua forma original (com valores positivos se acima da média e negativos se abaixo da média), mas são transformados pela multiplicação por um valor arbitrário e somados a algum outro valor arbitrário. Os valores mais utilizados são 100 como multiplicador e 500 como valor a ser adicionado. Assim, por exemplo, se uma prova de vestibular com 25 questões teve média 12 e desvio padrão 4, um estudante que acertou 16 questões terá um escore $Z = \frac{(16-12)}{4} = \frac{4}{4} = 1$. Nesse caso, o escore do vestibulando está 1 (um) desvio padrão acima da média. Contudo o resultado a ser visualizado em seu boletim de desempenho será o escore padronizado (EP) da seguinte forma: $EP = 100Z + 500$, ou seja, $EP = 100.1 + 500 = 600$.

4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise dos escritos constantes no Mapa de Campo, referentes às 10 produções de Modelagem Matemática, apresentam-se de dois modos: (i) avaliação das categorias e subcategorias; (ii) avaliação geral das produções considerando os valores obtidos nas categorias e com as fases da Modelagem.

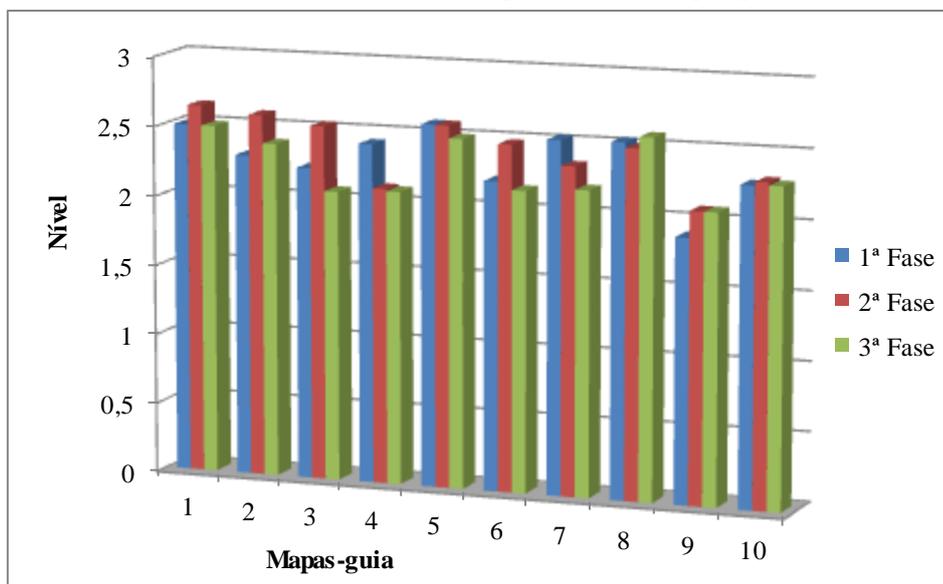
4.2.1 Taxonomia técnica

A taxonomia técnica refere-se ao sistema de classificação das palavras de que os estudantes fizeram uso no contexto de estudo, ao fazerem uso de linguagem. Nesta categoria observaram-se os termos utilizados específicos do tema e, também, a densidade léxica da informação textual.

O Mapa 21 ilustra os valores obtidos após avaliação da categoria em cada fase da Modelagem constantes nos Mapas-guia. Identificou-se que em dois dos Mapas-guia (MG9 e MG4) o nível médio da taxonomia técnica foi próximo a 2, predominando escrita com termos técnicos e comuns relacionados a área do conhecimento do tema e a densidade léxica moderada. Em situação oposta, com melhores índices estão MG5, MG1 e MG8, com níveis maiores que 2,5. Nestes, a quantidade de unidades de análise de nível 3 superou a dos outros dois níveis. A segunda fase da Modelagem obteve melhores índices e melhor desempenho ($EP = 569$, obtido conforme descrição anterior), ao passo que na terceira encontraram-se

textos com menores avaliações de terminologia específica (termos técnicos) e, conseqüentemente, menor densidade léxica. Em decorrência disto, nesta fase o desempenho pode ser considerado abaixo da média.

Mapa 21 – Níveis médios da taxonomia técnica correspondentes aos mapas-guia nas fases da Modelagem.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os níveis da taxonomia técnica, ilustrados no Mapa 21, derivaram de duas subcategorias: a terminologia específica e a densidade léxica. Verificou-se entre elas um coeficiente de correlação de 0,58, o que indica um relacionamento linear moderado entre as duas subcategorias. Isso significa que o aumento de uma leva a um acréscimo linear na outra.

Mapa 22 – Nível médio de terminologia específica nas fases da Modelagem Matemática.

	MG 1	MG 2	MG 3	MG 4	MG 5	MG 6	MG 7	MG 8	MG 9	MG 10
1ª Fase	2,90	2,40	2,67	2,71	2,91	2,71	2,63	2,92	2,32	2,29
2ª Fase	2,94	3,00	2,69	2,54	2,82	2,79	2,50	2,69	2,33	2,50
3ª Fase	2,83	2,86	2,57	2,60	2,89	2,89	2,50	2,83	2,50	2,50
Média	2,89	2,75	2,64	2,62	2,88	2,80	2,54	2,82	2,38	2,43

Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação à terminologia específica (termos utilizados pelos estudantes em suas produções para expressão de ideias que contém significado elementar no contexto específico), a partir do Mapa 22, percebeu-se que o nível desta, de modo geral, aproxima-se de expressões especiais técnicas de caráter científico, própria daqueles que estudam e pesquisam

determinado ramo não comum de modo geral. Verificou-se que reduzido foi o número de frases contendo somente termos básicos, característicos de linguagem comum. O nível da terminologia específica foi maior na primeira fase da Modelagem. Fase esta em que o estudante, após contato com o tema, elaborou um texto sobre o assunto estudado.

A presença dos termos específicos derivou da significação dada pelos estudantes ao tema de estudo. A utilização destes não ocorreu de forma isolada e nem explicados em mais detalhes, principalmente na primeira fase (MG4, MG5, MG7 e MG8). Em MG1 e MG5 registraram-se os melhores níveis de terminologia específica de nível 3, enquanto MG9 e MG10, os níveis foram os mais baixos.

Os termos técnicos ou terminologia específica contribuíram para a expressão das significações em cada fase do processo e evidenciam-se nos textos construções taxonômicas complexas. De acordo com Halliday (1993b) e Fang (2004), o domínio do vocabulário técnico indica o nível de recurso gramatical necessário para comunicação precisa e eficaz de ideias científicas e de conhecimento sobre o tema. Na visão de Fang (2004), o domínio dos significados dos termos específicos indica compreensão do texto científico.

O processo de construção de um vocabulário técnico, ou seja, de ‘tecnificar’, percebidos ao longo dos textos, por exemplo, envolveu duas fases: i) a de nomear o fenômeno, e ii) a de fazer esse nome técnico. Os fragmentos de MG10 a seguir, respectivamente, ilustram o processo:

“A cebola roxa [...] apresenta menor aceitação no mercado que a crioula”; (Nomear)

“Pelo fato dessas cultivares de cebola (nomear) possuírem baixo teor de sólidos solúveis totais na sua composição (fazer esse nome técnico), imediatamente após serem colhidas e curadas, necessitam ser comercializadas, gerando um grande fluxo de cebola de baixa qualidade no comércio”.

A terminologia específica não se refere apenas a um grupo de termos relacionados (Halliday, 1993b). São resultantes de duas relações semânticas fundamentais: superordenação e composição. Cada uma das construções possui um valor funcional nas frases. Trata-se de construções taxonômicas bastantes abstratas para estudantes do Ensino Médio, iniciantes de uma gramática mais elaborada pertinente para o final da Educação Básica. Nos fragmentos dos Mapas-guia encontraram-se estes dois tipos de construção:

(i) *superordenação* – ‘a é um tipo de x’

Os Dois tipos de Carpas mais cultivados no Alto Vale são a carpa húngara e a capim.

[...].Piscicultura é a criação de peixes com finalidades de alimentação, comércio ou recreação. (MG9);

Atualmente a criação confinada de frangos de corte pode ser realizada em aviários semiautomáticos ou automáticos (MG5).

(ii) *composição* - ‘*b* é uma parte de *y*’.

A colheita da cebola é um dos principais fatores que influencia na qualidade do produto final, interferindo de forma expressiva no período que os bulbos podem ficar armazenados. (MG3).

A coloração das folhas não depende só do cultivo, mas também dos fatores climáticos, nutricionais e hídricos (MG4).

A frequência e a presença dos termos referenciais possuem relação com a extensão do texto escrito e do nível de palavras com significados que o mesmo possui (HALLIDAY, 1993b). Esta relação, observada em cinco das produções (MG1, MG2, MG3, MG4 e MG7), possuiu correspondência entre os melhores níveis da terminologia específica e densidade léxica em determinada fase da Modelagem. A construção dos textos das produções foi elaborada, em média, com 26 palavras por frases (qualquer palavra), variando de 23 (MG7) a 31 (MG5), valor este considerado alto quando se deseja a elaboração de escrita metafórica, de acordo com as considerações de Halliday (1994; 2003b).

A concentração das frases com maior número de palavras situou-se na terceira fase da Modelagem, em sete das produções; em MG1, MG2 e MG5 encontrou-se na primeira fase da Modelagem. Já as frases com menor número de palavras estiveram concentradas nas fases 2 (5 dos Mapas-guias) e 1 (4 dos Mapas-guias); apenas em MG1 localizaram-se na terceira fase da Modelagem. Em relação às palavras léxicos, as produções possuíram em média 12,6 itens lexicais por frase, variando de 11 (MG9) a 15,5 (MG5), o que implicou na variação da densidade léxica de 43,14% (MG4) a 54,85% (MG5), registrada na terceira e segunda fases da Modelagem, respectivamente.

Ao longo dos Mapas-guias se percebeu correspondência direta entre a quantidade de palavras com significado nas frases e as fases da Modelagem com mais frases longas. O mesmo não se verificou quando observada a densidade léxica delas. Ela foi maior, neste estudo, em frases de uso reduzido de palavras (em sete dos Mapas-guias). Também em oito dos Mapas-guias (exceto em MG2, MG8 e MG10), a densidade léxica foi menor na fase composta de frases mais longas. Portanto, frases muito longas não são indicativas de alta densidade léxica, uma vez que de 31 a 35 palavras em uma única frase, dificilmente, representam presença de metáfora gramatical, exceto quando ela for bem estruturada. Porém, o oposto também não é válido, a densidade não foi intensa nas frases de menor índice de palavras. Verificou-se, portanto que a construção de texto é um processo gramatical semiótico.

Mapa 23 – Percentual médio de densidade léxica no decorrer das fases da Modelagem Matemática.

	MG 1	MG 2	MG 3	MG 4	MG 5	MG 6	MG 7	MG 8	MG 9	MG 10
1ª Fase	50,65	50,55	48,96	51,02	49,90	47,36	52,65	49,31	45,53	50,82
2ª Fase	54,44	52,32	54,47	48,20	54,85	51,74	52,40	53,98	46,93	50,12
3ª Fase	51,43	49,46	46,86	43,14	50,95	44,80	48,38	50,57	43,78	50,18
Média	52,17	50,78	50,10	47,45	51,90	47,97	51,14	51,29	45,41	50,37

Fonte: Elaborado pela autora.

A fase da Modelagem de maior percentual de densidade léxica foi a segunda (Mapa 23), em decorrência da variação de representações visuais auxiliares na escrita. Mesmo sendo maior, o valor não constituiu garantia de qualidade na elaboração de metáforas gramaticais nesta fase, uma vez que predominaram textos com características descritivas e não argumentativas. A este respeito, Halliday (1993b), em seus estudos, destaca que a densidade léxica em um texto não é constante, podendo variar de uma parte para outra. Ao longo dos Mapas-guia, a existência de partes narrativizadas foi fator responsável pela diminuição na densidade, fato percebido na escrita correspondente a terceira fase.

A estrutura da frase⁶² apresenta relação com a terminologia específica e densidade léxica, por consequência, com nominalizações. O processo de nominalizar altera a estrutura da frase, em decorrência disso, altera a extensão e a densidade léxica. Nestas condições, a partir dos estudos de Halliday (1993b), destacou-se que nos textos científicos analisados pelo autor, em média, as frases contêm 20,3 palavras⁶³ (18,6 palavras no inglês) e carga informacional alta e complexa. Portanto, eram frases longas e estruturadas.

Diante destas informações, nos Mapas-guia, percebeu-se excesso de palavras na composição das frases em comparação com dados de Halliday (1993b). A consequência deste excesso foram períodos semi-metafóricos com presença de conjunção entre orações e não de verbo de relação e oração simples com uma série de enumerações ou conjunções. Em MG4 tem-se exemplos, fase (terceira) da Modelagem de menor densidade léxica (43,1% - valor este distante dos padrões da linguagem científica) composta por média de 27,4 palavras por frase. Já MG5 apresentou registro de maior densidade (54,8%) quando os estudantes utilizaram 24 palavras em média nas frases. Estes valores ilustram que, no caso destes estudantes, um texto

⁶² De acordo com Eggins (1994), uma frase consiste tipicamente de participantes (substantivos), processos (verbos) e circunstâncias (advérbios e frases proposicionais).

⁶³ Número de palavras obtido a partir da tradução do inglês para o português.

bem estruturado e denso requer uso coerente da estrutura gramatical, embora a média de 24 palavras frase neste último esteja bem próxima dos valores obtidos por Halliday (1993b).

De acordo com Halliday (1993b), na expressão de um mesmo fato/tema/assunto na linguagem oral de senso comum, normalmente, há de 2 a 3 itens léxicos na frase. Quando a linguagem é mais planejada e formal este valor aumenta; e se faz uso da linguagem escrita, o número eleva-se para 4 ou 6 itens. Já na escrita científica este valor é mais alto, “cerca de 10 a 13 itens por frase⁶⁴” (p. 76), pois neste estilo de linguagem há uma condensação de duas ou mais orações expressas na linguagem falada. Traduzidos para a Língua Portuguesa a densidade cai de 65% para 59%, permanecendo ainda alto. A partir destas considerações verificou-se que o valor da densidade de informação por frase nos textos foi razoável (média de 12,6 itens lexicais e 49,9% de densidade léxica) considerando o nível de formação dos estudantes, pois ultrapassa os limites da linguagem comum e da linguagem escrita descritos por Halliday (1993b). Nos textos dos estudantes, o número de itens léxicos adequados garantiu textos característicos da linguagem científica, uma vez que se constituem em textos densos. A seguir, apresentam-se exemplos de fragmentos ilustrativos com:

- (i) intensa densidade – *O plantio direto apresentou maior altura da inserção das espigas, peso do colmo, folhas e produtividade, além do tamanho das folhas serem maiores. (MG8); e*
- (ii) densidade reduzida - *Assim, tanto a água como os nutrientes estavam todos disponíveis na camada superficial, não necessitando o sistema radicular se desenvolver mais e se aprofundar. (MG8).*

De acordo com Halliday (1993b), com o aumento da densidade, as passagens do texto se tornam mais complexas/densas e de difícil leitura e compreensão. Implicam em aumento de nominalizações e de construção metáforas gramaticais. Porém, nos textos dos estudantes percebe-se que há uma leve relação da densidade com a extensão da frase (associação linear positiva), evidenciando que este processo é um processo gramatical que necessita ser mais bem desenvolvido.

Na continuação dos resultados, apresentam-se, a seguir, considerações sobre os processos semântico-gramaticais analisados ao longo dos Mapas-guias.

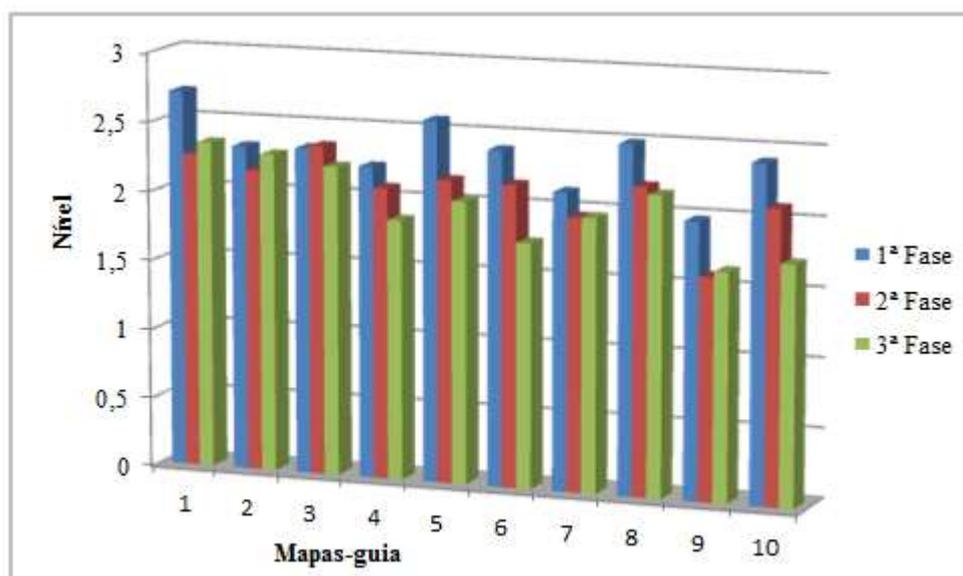
⁶⁴ Halliday (1993b) destaca que em textos científicos a densidade de informação de fragmentos retirados de textos científicos é de 13(de 22 palavras na frase), 10 (de 14), 13 (de 20) itens léxicos por frase, média de 65% de densidade. No entanto estes mesmos trechos, traduzidos, têm sua densidade reduzida: 13 (de 26), 10 (de 16) e 13 de (19), ou seja, 59%. Tal redução já havia sido identificada por Mortimer (1998) e, Braga e Mortimer (2003).

4.2.2 Processos semântico-gramaticais

Dentre os aspectos característicos da linguagem científica, a análise dos processos nominais e verbais também são destaques nos estudos. Faz então necessário a observação de aspectos inter-relacionados na construção de argumentos lógicos: os processos nominais ou nominalizações; e os processos verbais – voz, tempo e linguagem textual no discurso. Então, avaliou-se o nível que se encontram os elementos gramaticais e semânticos utilizados na produção de significado ao longo do texto, que evidenciam o modo como os estudantes ‘equilibram’ o estilo da linguagem e as ideias expressas nos textos, uma vez que as exigências linguísticas na forma oral são diferentes na escrita.

O refinamento e consolidação de novas ideias com conhecimentos anteriores, na escrita científica, tornam-se desafio não somente aos jovens, mas a todos que da linguagem escrita fazem uso. A escrita ilustra o conhecimento construído ao longo de um processo e a presença de nominalizações e metáforas, característicos da linguagem científica, eleva a densidade léxica do texto ao propiciar aumento no número de processos e no nível de complexidade. Por meio das nominalizações há “substituição de uma classe ou estrutura gramatical por outra” (HALLIDAY, 1993b, p. 79), implica na construção de metáforas gramaticais de modo que possibilita a formação de argumentos lógicos. Já os processos verbais referem-se à caracterização que o verbo assume no texto. O uso da voz passiva e impessoalidade são marcas em destaques quando utilizada a linguagem científica.

Mapa 24 – Níveis médios dos processos semântico-gramaticais dos mapas-guia nas fases da Modelagem.



Fonte: Elaborado pela autora.

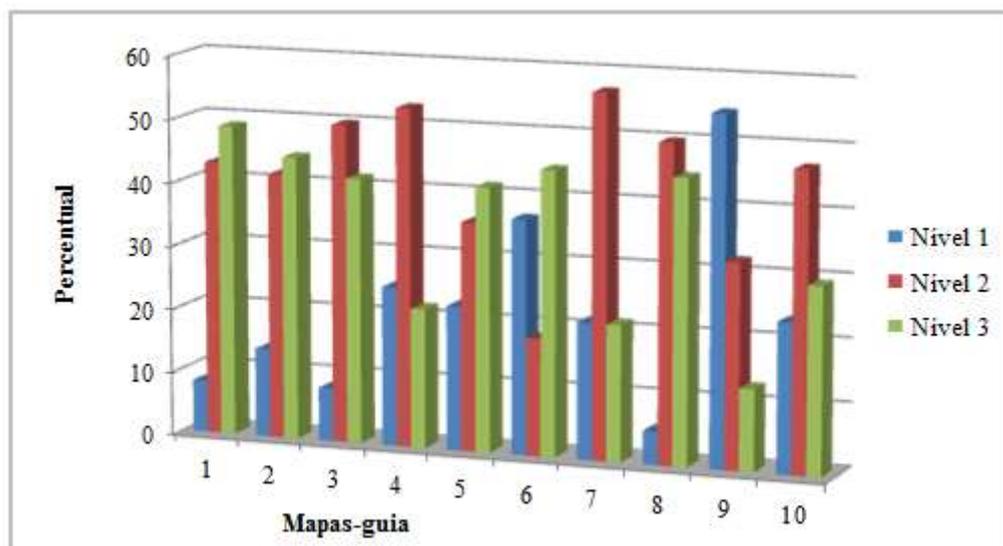
No Mapa 24 tem-se ilustrado os resultados avaliativos referentes aos processos semânticos (níveis médios) obtidos pelos estudantes em seus escritos, ele sinaliza que, de modo geral, houve utilização de linguagem com bons níveis organizacionais nos textos. Deste modo, sendo registrados os menores níveis em MG9 e MG7. A primeira fase da Modelagem novamente possuiu melhor desempenho (EP de 619,6, valor acima da média) de linguagem para a construção de argumentos, enquanto a terceira, com nível médio de dois pontos, registrou os mais baixos níveis, e conseqüentemente, escore abaixo da média. O índice de correlação de 0,777 entre os processos nominais e verbais indica forte relação linear entre as duas variáveis na escrita dos estudantes.

De modo geral, os níveis dos processos semântico-gramaticais revelaram presença de nível mais abstrato de pensamento dos estudantes, indicativo de maturação de raciocínio dos mesmos. Evidenciaram-se nos textos um misto de processos verbais e nominalizações, porém com bom nível destes. Portanto, estudantes como os responsáveis pelos escritos de MG1, MG8, MG5, MG7 e MG2 têm compreensão de textos e de linguagem mais abstrata e estruturada, fato não comum em estudantes do Ensino Médio, conforme afirmam Halliday e Lemke e, também, não evidentes nos estudos de Silva (2009) e Silva e Aguiar Jr. (2009). Em metade dos Mapas-guia o nível desta categoria registrou valores acima de dois, evidenciando, portanto, que tais estudantes expressam suas ideias utilizando metáforas gramaticais. Ademais, unem dois processos por meio de verbos de relação, imprimindo assim ao texto característica de impessoalidade.

Quando observados na individualidade, os processos nominais, componente dos processos semântico-gramaticais, direcionam-se a atenção apenas às nominalizações e sua participação na formação de metáforas. As nominalizações ocorrem quando processos ou fenômenos (ações, eventos, processos mentais ou relações), normalmente expressos por meio de verbos, são codificados como ‘coisas ou objetos’, rematerializados como substantivos, passando a funcionar na frase como um grupo nominal.

De acordo com Halliday (1993b), as nominalizações e termos técnicos que são duas características de linguagem científica estão relacionados. A análise dos dados indicou que, similar aos estudos de Halliday, as dificuldades dos estudantes esteve mais relacionadas à gramática do que a terminologia específica. Entre os dois aspectos houve correlação de 0,732, indicativo de moderado relacionamento linear entre ambos.

Mapa 25 – Percentual médio de processos nominais de cada nível no decorrer das fases da Modelagem Matemática existentes nos Mapas-guia.



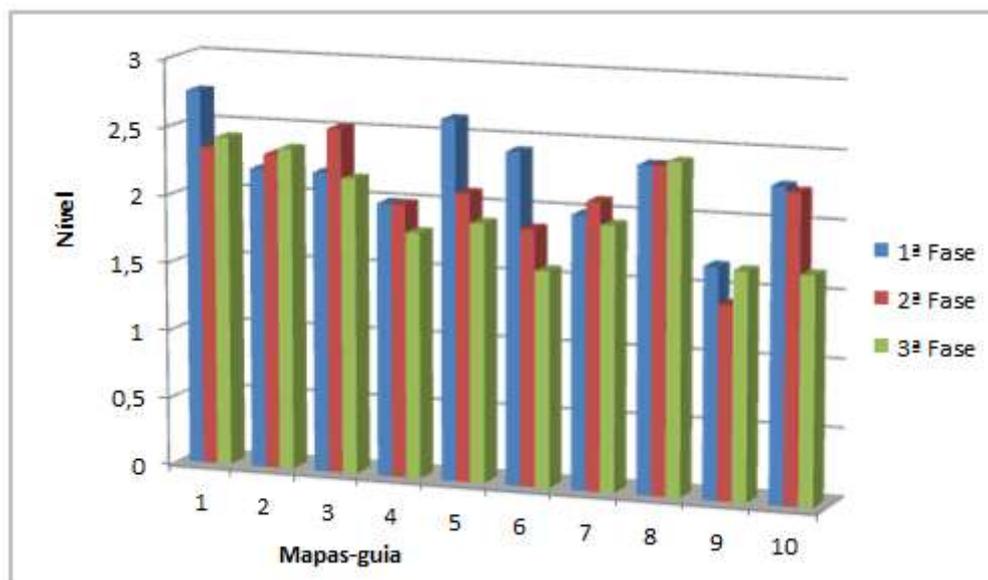
Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação às nominalizações presentes nos textos, elas corresponderam a 3,8% do total de palavras constituintes dos Mapas-guia. De acordo com a escala utilizada para análise, quanto maior o percentual de processos nominais de nível 3, mais estruturada é a linguagem utilizada pelos estudantes. Então, este nível de estruturação pode ser visualizado no Mapa 25, figura que ilustra o percentual de cada um dos níveis possíveis de nominalizações nos Mapas-guia.

MG1 e MG8, assim, destacaram-se com maiores números de construções nominais de nível mais complexo e abstrato (nível 3), enquanto MG9 e MG6, com construções textuais mais simples e pouco metafóricas. Os textos em que evidenciam presença de maior percentual de nível 3 são indicativos de que os argumentos construídos pelos estudantes representam eficaz escolha de significados, possuindo indicativos de linguagem científica em relação a este aspecto. Para Halliday e Martin (1993), os textos com estes níveis de construções metafóricas são o diferencial no discurso dos conhecedores de um assunto em relação aos demais indivíduos, uma vez que exigem do estudante domínio da estrutura gramatical.

Os processos nominais ou nominalizações nos escritos dos estudantes, avaliados ao longo das fases da Modelagem, estão expressos no Mapa 26. Por meio dele identificou-se que a primeira fase do processo conteve níveis de melhores avaliações referentes às nominalizações (2,26 em média) e também desempenho acima da média em relação às demais fases. Enquanto isso, no outro extremo, na terceira fase se encontrou a parte dos Mapas com níveis mais baixos (1,99) de nominalizações, com desempenho abaixo da média.

Mapa 26 – Nível médio dos processos nominais nas fases da Modelagem Matemática.



Fonte: Elaborado pela autora.

Contrário às hipóteses iniciais, os resultados mostraram que na fase de validação e expressão do processo que os estudantes a elaboraram de modo menos estruturado e sistematizado. Nesta fase mais pessoal de cada trabalho apresentaram uma versão mais narrativizadas em que as nominalizações e metáforas foram economizadas. A fase de inteiração com o tema que conteve melhores resultados em relação à nominalização, provavelmente porque os estudantes não necessitaram narrar ou descrever um tema. Eles elaboraram um texto, na maioria das vezes, apoiados por informações complementares, as quais podem ter sido parafraseadas.

Assim, na vivência do processo de Modelagem Matemática, o estudo de um tema curioso ou relacionado à sua realidade propicia ao estudante o contato com termos e gramática distintos da linguagem comum e próprios de quem está mais próxima a ela e a utiliza. A escrita e reescrita decorrentes do processo possibilitou ao estudante, após discutir sobre a situação-problema, uma reflexão sobre o que foi desenvolvido e o seu significado no contexto que o gerou. Isso se constitui em processos imprescindíveis para a aprendizagem e o contato com a linguagem da ciência. Em práticas comuns presentes na maioria das aulas de Matemática, Física, Biologia, dentre outros, acredita-se que isto não seria propiciado. Isto porque, na maioria das vezes, são constituídas somente exercícios que não passam de domínio de algoritmo ou reprodução de conteúdo.

Ainda em relação aos processos nominais, a maior parte das nominalizações presentes nos Mapas-guia, originou-se de verbos, sendo raras aquelas oriundas de adjetivos ou

advérbios. Foram formadas, geralmente, por acréscimo de afixo, por exemplo: *importância* (de importante), *eficiência* (de eficiente), *transformação* (de transformar), *ajuste* (de ajustar), *armazenamento* (de armazenar), *colheita* (de colher), *desempenho* (de desempenhar), dentre outras. Estas palavras extraídas dos Mapas exemplificam que as nominalizações, além de criar termos técnicos e sintetizar e sistematizar detalhadamente as informações, condensando-as ou empacotando-as, permitem relacionar mais do que um processo ou fenômeno em única frase, assim como ocorre com relações causa-efeito. Elas foram potentes recursos para a criação de metáforas gramaticais. Halliday (1993a) traz exemplificação em um trecho do texto de Newton Treatise on Optics: “Essas cores indicam uma *divergência e separação mútua desses raios heterogêneos* por meio de suas *refrações desiguais*” (p. 168, tradução e grifo nosso). Percebeu-se que este trecho, a exemplo dos fragmentos a seguir, são metáforas que permitem a formação de grupos nominais longos e complexos sem a necessidade de muitas orações (HALLIDAY; MARTIN, 1993; HALLIDAY, 1993b). Por meio delas apresentaram em uma única frase dois processos condensados (aqueles sublinhados abaixo).

A evolução do crescimento de frangos e suínos deram origem a curvas com comportamentos semelhantes sendo possível a obtenção de modelo matemático. [...] O modelo [...] $y = -0,0197x^3 + 2,153x^2 - 1,514x + 42,42$ representa o ganho de peso dos frangos de corte em função da idade, [...] (MG2).

O planejamento de produção de cebola inicia pela escolha do cultivo adequado para o plantio (MG10).

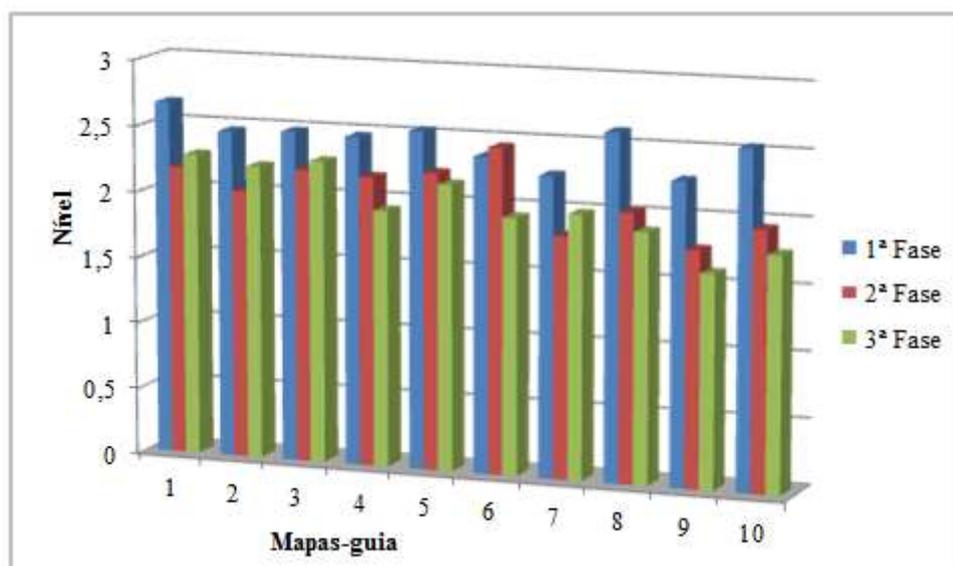
Os processos verbais ‘planejar’ e ‘evoluir’, nos fragmentos anteriores, perderam sua dinamicidade e emergiram como omissos de agente. Teve-se então apagado o agente da ação, e conseqüentemente, uma proposição objetiva e metafórica. Este tipo de construção metafórica é complexa para estudantes do início do Ensino Médio porque, de acordo com Halliday e Matthiessen (2004), nesta fase o estudante está na última linha do desenvolvimento semiótico na língua materna: a fase da teorização, em que passam da utilização de uma linguagem congruente para a metafórica.

Em MG9, MG7 e MG4 perceberam-se menores níveis de linguagem metafórica, que de acordo com Halliday (1993b) e Fang (2004), implicam em versões narrativizadas da ciência. Dificuldades no domínio de recursos linguísticos percebidas nos escritos impactaram na construção do conhecimento científico e comunicação eficaz e precisa de informação científica. Em contrapartida, textos como o de MG1, com presença de amplo número de nominalizações e metáforas gramaticais ideacionais, indicaram domínio dos recursos linguísticos por parte dos estudantes, o que evidenciou, de modo geral, eficiência na comunicação escrita da informação científica.

Outro aspecto inter-relacionado aos processos nominais são os verbais, aos quais determinam objetividade e neutralidade do texto. Os textos característicos de linguagem científica possuem traços de objetividade e o uso de nominalizações contribui para que se efetive o objetivo da impessoalidade (HALLIDAY, 1994; LEMKE, 2010). Afinal, o autor é o observador que descreve e analisa fatos ou informações, não sendo necessários traços de sua presença no texto. A objetividade pode ser observada no texto por meio da utilização dos processos verbais: voz, tempo, linguagem textual do discurso: voz passiva (exceto nas metáforas gramaticais), modo impessoal e verbos na terceira pessoa. Por vezes podem-se argumentar utilizando a pessoalidade.

No Mapa 27 tem-se os níveis de cada texto em relação ao conjunto dos processos verbais. Nesta subcategoria tem-se como destaque a 1ª fase da Modelagem com linguagem mais próxima da objetividade e da neutralidade científica, e MG9 com os valores menos satisfatórios da escrita. O grau de intervenção do autor no texto, afastamento ou proximidade, fornece indicativos do estilo de linguagem utilizada e refere-se também a outra característica da linguagem científica: a neutralidade (OLIVIERA; QUEIROZ, 2007, 2 ANDRADE, 2010).

Mapa 27 – Nível médio dos processos verbais de acordo com fases da Modelagem Matemática.



Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação linguagem textual no discurso, componente dos processos verbais, percebeu-se nos textos marcas de pessoalidade e de impessoalidade, exceto em MG8 e MG3 em que não se diagnosticou a presença de linguagem pessoal. Porém, destaca-se que o nível obtido pelos demais Mapas foi superior a 2,6 denotando assim forte presença de textos

impessoais. As marcas da pessoalidade presentes nos outros oito Mapas-guia foram percebidas nas construções sintáticas quando os estudantes utilizaram verbos na primeira pessoa do singular ou plural. Os fragmentos a seguir ilustram este tipo de linguagem: “*Nesta divisão **interpretamos** a presença de dois tipos de comportamento da curva de lactação, o primeiro que vai da produção inicial (P_o) até a produção no pico (P_p) (MG1)*” e “[...] *Quanto a segunda, $y = -0,0791x + 44,357$, com $150 \leq x \leq 300$, [...] **podemos** visualizar na função esse decréscimo através do coeficiente angular negativo.*” (MG6). Estas construções, marcada pela pessoalidade, de acordo com Halliday (1993), originam textos narrativos.

A reescrita desses fragmentos, com adequação às características da linguagem científica, de modo afastar a presença do autor no texto, pode ser realizada com utilização de voz passiva analítica ou sintética, sendo assim expressa:

‘*A **interpretação** dos dois tipos de comportamentos presentes na curva de lactação sugere: o primeiro, da produção inicial (P_o) a produção no pico (P_p)’ ou*

‘*Nesta divisão, os dois tipos de comportamento da curva de lactação, são assim **interpretados**: (i) o primeiro que vai da produção inicial (P_o) até a produção no pico (P_p)’*

e

‘[...] *Quanto a função, $y = -0,0791x + 44,357$, com $150 \leq x \leq 300$, [...] **visualiza-se** o decréscimo por meio do coeficiente angular negativo.*’

Esta reescrita, para Halliday (1993b), demanda ao estudante uma reconstrução da imagem mental das palavras, uma vez que processos e acontecimentos são transformados em substantivos. Esta mudança na estrutura gramatical possui resistência, pois não é facilmente realizada e necessita ser aprendida por meio de experiências, por isso a denominação de linguagem como sistema semiótico. Segundo o mesmo Halliday e Matthiesen (2004), todas as pessoas adultas, independente da língua de domínio, possuem habilidade de mudar a construção da experiência de modo mais oracional para uma mais nominal, mas este é inerente à gramática.

No processo de escrita impessoal prevalecem verbos na terceira pessoa e/ou na voz passiva analítica ou sintética ao longo de todo o texto (homogeneidade). Estes contribuem para o fortalecimento dos argumentos validando os resultados. Desta forma a voz passiva é útil e, por vezes, estratégia necessária de organização textual (FANG, 2004). Além de imprimir ideia de neutralidade e objetividade, o uso do impessoal permite oferecer

informações precisas a quem lê, transmitindo-lhes conhecimento. Também permite adensar mais informações depois do verbo, deixando um efeito sintático de impacto no final da frase. Além disso, permite que o escritor atinja determinado grau de objetividade e autoridade por não mencionar os autores envolvidos no processo científico. Em MG3 e MG8 encontraram-se exemplos de textos que garantiram a homogeneidade, com construções textuais na impessoalidade ao longo de todo o texto.

Em todos os Mapas-guia, a linguagem dos textos contém marcas de impessoalidade, mediante construções sintático-passiva (utilização do pronome apassivador ‘se’) ou analítico passiva (utilização de verbo auxiliar ser ou ter mais o particípio do verbo principal), ilustrado respectivamente por:

- (i) *Quanto aos sistemas de armazenagem avaliados, verificou-se uma redução linear no peso da cebola armazenada (MG3).*

[...] na avaliação das alfaves analisou-se que as tratadas com o composto de esterco bovino, melhor se desenvolveram, em questões de cor, tamanho da planta, tamanho da folha e doenças (MG7);

- (ii) *Além disso, para esta forma de armazenagem foi constatado menor percentual de bulbos deteriorados após 90 dias de armazenamento (MG3).*

Durante o processo [...], as curvas de lactações foram divididas em duas partes: a primeira, representada pela Produção Inicial (Po) até a Produção no Pico (Pp) [...] 34% maior que Po” (MG5).

No entanto, ao longo dos Mapas-guia, em menor proporção, identificaram-se também textos de linguagem mista. Quer dizer, a escrita dos estudantes oscilando entre expressões relativas à linguagem comum marcadas pela pessoalidade e outras com processo de nominalização decorrente de construções sintático passiva, como em MG10: “*Quanto à análise do nível de perdas, antes de dizermos que a variedade de cebola crioula é melhor que as roxas para o armazenamento, também se tem que levar em conta que a cebola roxa teve uma produtividade razoavelmente superior a da cebola crioula e que cebolas maiores têm maior tendência ao apodrecimento*”.

Em relação aos processos verbais expressos na terceira pessoa, a linguagem científica considera seu uso eficaz para condensar dois processos. Estes são percebidos nos textos perante utilização dos verbos de relação ou ligação, os quais servem para definir, classificar, comparar ou caracterizar: *é, representa, inicia, resulta, traduz, indica, expressa, simboliza, possibilita, dentre outros*. De acordo com Haliday (1993a, 1993b) e Fang (2004), os verbos de processos relacionais são recursos em que o escritor faz uso para descrever e explicar os experimentos, também estabelecer relações no processo de teorização. A presença destes tipos

de verbos teve influência direta nas metáforas gramaticais e foram menos expressos em MG9 e MG4, por outro lado, mais destacados em MG1. Como exemplos, apresentam-se:

*“O conhecimento da curva de crescimento **possibilita** a adoção de praticas de manejo que otimizem a produção de carne. [...]” (MG2);*

*“[...] As perdas totais no final do período de experimento **representam** 37% para a cebola crioula e 55% para a cebola roxa, ou seja, uma diferença de 18% de perdas” (MG10).*

*“O pico de produção na linguagem técnica **representa** o ponto máximo de produção de leite do animal” (MG6).*

Em relação ao tempo utilizado, verificou-se pertinência no uso destes, sendo o tempo passado mais utilizado na segunda fase da Modelagem, com uso de voz passiva (apassivador ‘se’ junto ao verbo passado). Nesta fase se concentraram escritas que ilustram os procedimentos utilizados e os resultados, normalmente, realizadas de modo descritivo e dissertativo.

Ao longo dos Mapas percebeu-se também, em relação aos processos verbais e em quantidade reduzida, utilização de verbos no gerúndio (*representando, substituindo, considerando, facilitando*, dentre outros). Assim como verbos no infinitivo (*descobrir, estabelecer, avaliar*, dentre outros) e formas compostas de verbos na expressão, diferentemente das formações analítico passivas, como *“precisamos entender”, “pode estar contribuindo”, “vão sendo [...]”, “podemos relacionar” e “procurando verificar”*. Estas construções foram localizadas no final da segunda e na terceira fase da Modelagem e denotam ação propriamente dita. No caso de verbos no infinitivo, constitui-se em uma ação contínua referente algo que está, esteve ou estará acontecendo, reforçando processos não finalizados, no caso do emprego do gerúndio. Além disso, fizeram com que o texto permanecesse com excesso de termos e, na maioria, desnecessários. O mesmo se percebe quando os estudantes utilizaram verbos auxiliares ou tempo composto. Estes casos implicaram na redução da densidade léxica e pobreza de nominalizações de acordo com Halliday (1993b).

Na sequência, apresentam-se os resultados a respeito dos recursos visuais utilizados pelos estudantes.

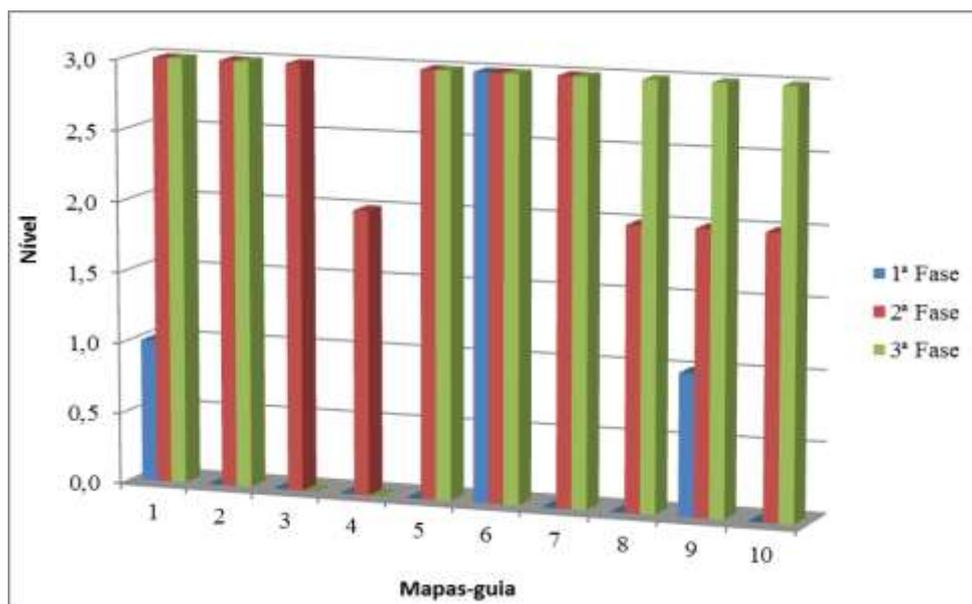
4.2.3 Representações Visuais

Resultados de pesquisa e outros gêneros de comunicação científica têm utilizado simultaneamente distintos tipos de representações semióticas, cada uma com diferentes propriedades para a construção de significados: (i) as linguísticas e (ii) as visuais pictóricas como gráficos, tabelas, diagramas, esquemas ou expressões matemáticas (LEMKE, 1998a).

Em decorrência disto, os recursos semióticos de texto e mídia permitem a expressão de dois tipos de significados complementares: *tipológicos* e *topológicos*. Os primeiros referem-se aos significados construídos pela classificação de coisas, pessoas, signos, dentre outros, por exemplo: plantio direto ou plantio convencional, cebolas roxa ou crioula, cebolas com talo ou sem talo, carpas capim ou húngara, dentre outros. Já os segundos são significados produzidos pela distinção que permite diferenças de grau quando algo pode ser medido, por exemplo: altura da pilha de compostagem em função do tempo de decomposição, lactação de uma vaca ao longo de seu ciclo produtivo, crescimento de frangos ao longo de um período, dentre outros. Geralmente, surgem por meio de gráficos, esquemas ou demais figuras.

A combinação desses dois tipos de significados imprime aos textos científicos um caráter de não linearidade. Isso ocorre em virtude de que as pessoas, na comunicação, fazem uso de variados sistemas semióticos, combinando-os de acordo com seus princípios funcionais. Portanto, a comunicação científica utiliza-se de linguagem híbrida e ela é uma forma de potencializar os diversos sistemas semióticos. A partir disto, percebeu-se nas produções textuais que os estudantes não reduzem a escrita a apenas um recurso semiótico utilizado, característico do gênero relatório. O que se constatou foi diferentes representações visuais no processo semiótico, juntamente, com o recurso linguístico, exceto em MG4, quando essas foram reduzidas.

Mapa 28 – Nível das representações visuais obtidas a partir da análise dos Mapas-guia.

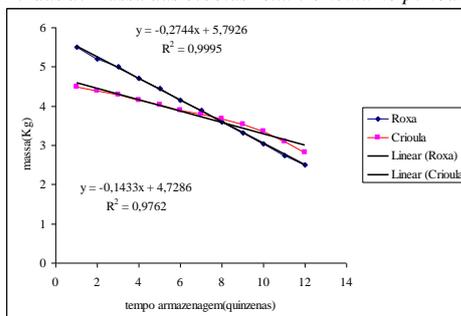


Fonte: Elaborado pela autora.

A avaliação das representações visuais utilizadas nas produções (nomeadas por Lemke como gêneros multimídias), conforme Mapa 29 evidenciou que na segunda e terceira fase da Modelagem, os estudantes intensificaram o nível de representações para a construção de significados tipológicos e topológicos. Nas duas últimas fases do processo de Modelagem, especificamente nas subfases de resolução do problema a partir do modelo e a interpretação da solução é que as diversas linguagens e recursos semióticos foram utilizadas para imprimir significados diferentes ao fenômeno estudado. As representações visuais evidenciadas nos textos, utilizadas para facilitar a expressão dos resultados, foram a tabular, a gráfica e a algébrica. Este uso torna o processo de compreensão e expressão mais fácil para o estudante que necessita sair da oralidade e trabalhar com a linguagem escrita e com as representações visuais.

As representações visuais denominadas de recursos para a construção de significados topológicos são complementares da linguagem verbal na busca de melhor expressar a compreensão de fenômenos. Apresentou-se em MG1 um exemplo: não é possível descrever completamente em palavras a forma de uma curva de lactação por meio da língua, mas pode-se desenhar ou realizar sua representação gráfica e algébrica aproximando-se da cientificidade. Assim consideram-se os aportes de Lemke (2010), se o formato da curva de lactação (MG1) representa dados a respeito da produção de leite em diferentes períodos, apenas descrever que a produção cresce ou decresce em determinado intervalo não são suficientes para a construção completa de significados. Torna-se necessário determinar a taxa de decrescimento, por exemplo, e extrapolá-la para a representação gráfica e a algébrica, uma vez que na escrita não se torna possível a utilização da voz e dos gestos. Apenas em MG4, estes significados complementares não foram identificados.

Figura 01: Perdas de massa das cebolas roxa e crioula no período de armazenagem.



Na função [...] $y = -0,2744x + 5,7926$ (cebola roxa), y é igual à massa líquida após cada pesagem, o valor $-0,2744$ é a perda média quinzenal, X representa o tempo e o número $5,7926$ representa a massa inicial. (MG10).

Em MG10, por exemplo, os estudantes compreenderam a notação de função e o seu significado em termos de variação quantitativa, fato destacado por Lemke (2002), como

difícil. A expressão ‘ $y = -0,2744x + 5,7926$ ’ ilustrada no gráfico cartesiano do fragmento de MG10, sua representação visual simboliza uma forma clara de expressar o significado tipológico de variação contínua.

O recurso topológico, o gráfico, serviu para expressar como varia a massa líquida das variedades de cebola ao longo do tempo e é mais adequado que o recurso tipológico. Neste caso, a linguagem natural escrita não daria conta de descrever e significar o movimento de redução da massa líquida das variedades de cebola durante o período de armazenamento. Ela se torna parcial em relação à construção de significados tipológicos. Isto é, requer outras formas de representação figural na construção de significados topológicos. Isso porque

[...] nenhum texto duplica exatamente o que uma figura significa para nós: texto e figura juntos não são duas formas de dizer a mesma coisa; o texto significa mais quando justaposto à figura, e da mesma forma a figura quando colocada ao lado de um texto (LEMKE, 2010, p. 462).

Registros de representação, portanto, não são equivalentes na produção de significado, pois os recursos tipológicos e os topológicos produzem significados diferentes. Isto ocorre porque “a construção real do significado, geralmente, envolve as combinações de diferentes modalidades semióticas e também combinações bastante gerais destes dois modos” (LEMKE, 2010, p. 464). Ainda no fragmento de MG10, percebeu-se a utilização da matemática como um meio entre a linguagem conceitual e a mensuração e a descrição quantitativa, construída pela linguagem, por meio da aritmética à álgebra e às funções, também pela variação contínua no espaço à representação visual (gráfico cartesiano). Com isto, a expressão do entendimento de conceitos matemáticos se facilita pela combinação da oralidade com as representações visuais.

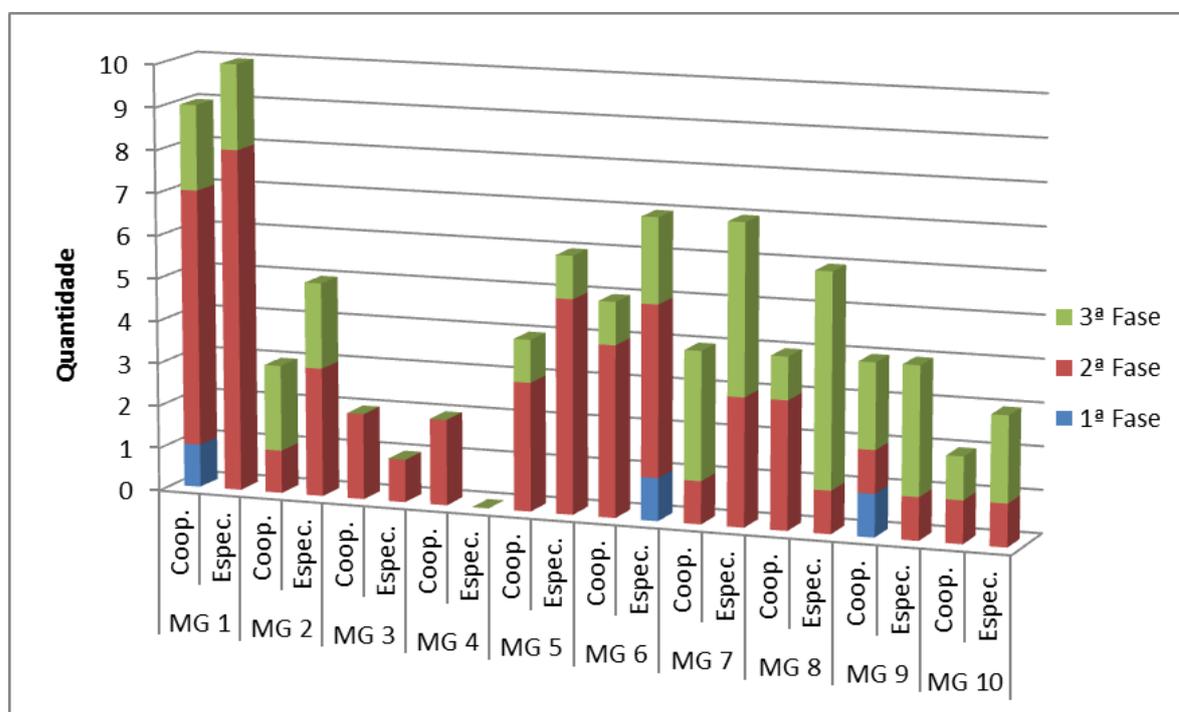
O fragmento de MG 10 ilustrou a representação utilizada pelos estudantes para a construção de significados sobre um conceito. As linguagens gráficas e a algébrica, neste caso, realizaram no texto funções semelhantes (cooperando) e distintas⁶⁵ (especializando): (1) semelhantes quando se utilizaram de representação gráfica linear e também algébrica para representação de um mesmo conceito, da variação da massa líquida no decorrer do período. Neste caso, uma linguagem reforça a outra para melhor explicitação do conceito; e (2) distintas, quando explicou no contexto do tema a variação da massa líquida indicando os

⁶⁵ Funções semelhantes- quando duas ou mais linguagens são utilizadas para atribuir um mesmo significado para um conceito ou fenômeno, realizando funções semelhantes. Neste caso diz-se que as linguagens *cooperam-se*. Funções distintas – quando duas ou mais linguagens atribuem significado realizando funções diferentes. Neste caso as linguagens são usadas de forma *especializada* para a construção de outro significado.

significados dos coeficientes linear e angular da função. Neste caso, a linguagem verbal natural incorpora um novo significado ao que esteve sendo investigado.

Em relação às linguagens utilizadas nos Mapas-guia, conforme Mapa 30, a maior parte dos estudantes utilizaram as diversas linguagens com funções distintas (especializando a linguagem e o fazem com melhor qualidade na segunda fase), complementando informações, abonando um significado adicional ao que estava sendo estudado. Este fato similar foi percebido nos estudos de Carmo e Carvalho (2009) sobre a presença da especialização das linguagens para a construção dos significados topológicos. Porém, naquele estudo tinha-se a presença do professor mediando a investigação oral e direcionando os estudantes para tal fim. O mesmo não ocorreu com os estudantes que trabalharam com Modelagem uma vez que se tratou de diferentes funções textuais: naquele estudo, a linguagem oral (canal fônico), nessa pesquisa, a linguagem escrita (canal escrito). Considera-se que na escrita, a construção dos significados seja mais difícil do que na oralidade, devido ao fato de que os dois tipos de linguagens diferem no estilo e na estrutura.

Mapa 29 – Frequência das funções desempenhadas pelas linguagens quando utilizado representações visuais.



Fonte: Elaborado pela autora.

Destaca-se que apenas em MG4 os estudantes utilizaram linguagem verbal e representações visuais para reforçar conceitos sobre um mesmo item, ou seja, com função

semelhante. De acordo com Lemke (1998a), a utilização de uma função ou gráfico deve subsidiar a escrita das compreensões sobre o fenômeno e não tanto sobre a linguagem matemática utilizada. Portanto foi mais importante para a interpretação da solução e validação do modelo no tema, ‘massa líquida’, discorrer sobre ele do que sobre função polinomial do primeiro grau.

A utilização de várias representações visuais complementando significados tipológicos, sejam utilizados em linguagem com funções semelhantes ou diferentes, provoca um condensamento de informações. Lemke (1998a) explica que os gráficos e funções permitem a visualização de tendências entre as variáveis nem sempre fáceis de percepção quando situados em tabelas ou em linguagem natural. No caso do fragmento anterior (de MG10), as funções matemáticas ‘ $y = -0,2744x + 5,7926$ ’ e ‘ $y = -0,1433x + 47286$ ’, representativas da ‘massa líquida em função do período de armazenamento’ são responsáveis pela abstração de padrões matemáticos. O mesmo autor ainda atribui ao conjunto de representações expressas nos distintos registros semióticos que permitem o estabelecimento de conexões entre as categorias da linguagem natural como poder descritivo dos signos visuais e numéricos. Porém, defende que nem sempre é necessária esta tradução, principalmente quando se tratar de padrões mais simples e familiares ao leitor.

Ao longo dos Mapas-guia (exceto em MG4) percebeu-se que os estudantes sintetizaram as informações em quatro ou três representações semióticas diferentes: a linguagem verbal natural, a gráfica, a tabular e a algébrica. Portanto, trabalhar com vários tipos de linguagens se torna relevante no trabalho de Modelagem Matemática e para a aprendizagem de conceitos matemáticos. Esta percepção representa o ‘andaime’ para a aquisição da linguagem científica. Esta importância em utilizar variadas representações também é destacada no campo da Física, nos estudos de Carmo e Carvalho (2009).

Além disso, percebeu-se que os estudantes fazem uso social da linguagem no contexto ao estabelecer relações (conexões) entre as três diferentes representações semióticas de linguagem. Deste modo, explicitando ao leitor as relações entre o simbolismo matemático, o pictórico (as imagens), assim como a linguagem natural do tema estudado. O que segundo Carmo e Carvalho (2009) proporcionam o desenvolvimento de uma visão ampliada e melhorada do fenômeno, também a tradução para a matemática, o que é necessário para a aprendizagem dela. Neste processo, os estudantes acabam por fazer a matematização funcional algébrica após a apresentação visual, bem como traduzem para a linguagem verbal, as informações contidas na figura e relacionadas ao problema investigado. Quer dizer,

complementam informações adicionando outro significado ao fenômeno que está sendo estudado. Portanto, a linguagem científica utilizada pelos estudantes consiste em um híbrido semiótico contendo, simultaneamente, um componente verbal-tipológico e outro matemático-gráfico-operacional-topológico (LEMKE, 1998a, 1999, 2010).

A partir dos pressupostos de Lemke (2002), pode-se inferir que os estudantes atribuem o fazer significado matemático como parte integrante das atividades, por exemplo, a massa líquida de cada tipo de cebola ao longo do armazenamento ou a evolução do peso dos frangos e da produção de leite das vacas em função do tempo, dentre outros. Há então o que o autor denomina de implantação competente do significado matemático no contexto, de interdependência com a expressão verbal e as representações visuais. Esta pode ser declarada a expressiva contribuição da Modelagem Matemática para a aquisição da linguagem científica. Os modelos matemáticos obtidos, objetos da resolução do problema em cada Mapa-guia, permitiram aos estudantes maior conhecimento sobre o tema estudado. Também o desenvolvimento dos significados matemáticos não apenas como um sistema de signos, mas como parte de um sistema maior de recursos semióticos para fazer significado em contextos reais. Assim, “tanto as habilidades de autoria, quanto as habilidades críticas e interpretativas voltadas à multimídia transformam, potencialmente, não apenas a forma como estudantes e professores comunicam suas ideias, mas também as formas como aprendem e ensinam” (LEMKE, 2010, p. 463).

4.2.4 Letramento Matemático

O conceito de letramento adotado pelo PISA extrapola os propósitos da alfabetização matemática e está relacionado com a utilização mais ampla e funcional da Matemática pelo estudante em situações-problema oriundas da vida cotidiana ou do ambiente próximo a ele. De acordo com as prescrições do PISA, um estudante possui letramento matemático quando for dotado de capacidades cognitivas na matemática. Elas podem ser desenvolvidas pelos estudantes para que possam compreender e interagir com o mundo real de forma matemática e, assim, resolver situações-problema. No programa, o letramento matemático (INEP, 2012, p. 1) refere-se

[...] à capacidade de identificar e compreender o papel da Matemática no mundo moderno, de tal forma a fazer julgamentos bem-embasados e a utilizar e envolver-se com a Matemática, com o objetivo de atender às necessidades do indivíduo no cumprimento de seu papel de cidadão consciente, crítico e construtivo.[...] o letramento matemático, portanto, não se limita ao conhecimento da terminologia,

dos dados e dos procedimentos matemáticos, ainda que os inclua, nem tampouco se limita às destrezas para realizar certas operações e cumprir com certos métodos. As competências matemáticas implicam na combinação desses elementos para satisfazer as necessidades da vida real dos indivíduos na sociedade.

Em relação ao letramento matemático observado nos Mapas-guia, percebeu-se que em todos, exceto em MG4, os estudantes evidenciaram domínio dos processos matemáticos de ‘formular, empregar e interpretar’ a matemática mediante o uso de ferramentas e conceitos matemáticos. Sendo assim capazes de descrever, explicar e realizar previsões dos fenômenos que estavam sendo estudados. Em MG4, o estudo feito pelos estudantes careceu de interpretações literais dos resultados, ficando apenas em apontamento dos mesmos. Além disso, identificou-se o conflito entre a terminologia dos dados e os procedimentos matemáticos utilizados na resolução da situação problema, evidenciando assim, um déficit em relação à competência matemática necessárias na expressão científica.

A classificação então, dos resultados dos demais Mapas-guia considerada como nível 3 na escala de letramento matemático, foi superior aos níveis médios de proficiência em matemática obtidos pelos estudantes brasileiros nos últimos exames do PISA em 2012. Estes não obtiveram 400 pontos, sendo aqueles apenas

[...] capazes de interpretar e reconhecer situações em contextos que não exigem mais do que inferência direta. São capazes de extrair informações relevantes de uma única fonte e de utilizar um modo simples de representação. Os estudantes situados neste nível conseguem empregar algoritmos, fórmulas, procedimentos ou convenções de nível básico. São capazes de raciocinar diretamente e de fazer interpretações literais dos resultados (INEP, 2012, p. 19).

Portanto, percebeu-se, neste estudo, que a utilização da Modelagem Matemática na Iniciação Científica propicia ao estudante do Ensino Médio condições para a melhoria de seu letramento matemático. Os argumentos são de que a melhoria acontece à medida que utilizam habilidades matemáticas como constituintes das estratégias de leitura e escrita para melhor compreensão de uma série de textos, em contextos sociais e culturais diferentes. Eles extrapolaram o nível médio obtido pelos brasileiros e mostram que, no mínimo,

[...] são capazes de desenvolver modelos para situações complexas e trabalhar com eles, identificando restrições e especificando hipóteses. Conseguem selecionar, comparar e avaliar estratégias adequadas de resolução de problemas para lidar com problemas complexos relacionados a esses modelos. [...] são capazes de trabalhar estrategicamente, utilizando habilidades de pensamento e raciocínio abrangentes e bem desenvolvidas, representações conectadas de maneira adequada, caracterizações simbólicas e formais, e percepção relativa a essas situações. São capazes de refletir sobre suas ações e de formular e comunicar suas interpretações e seu raciocínio (INEP, 2012, p. 19).

As capacidades fundamentais da matemática empregadas na resolução de problemas e que propiciam ao estudante proficiência em letramento matemático possuem aspectos que se inter-relacionam ao processo pelo qual o estudante percorre na Modelagem Matemática. No Mapa 31, apresenta-se uma relação síntese desta inter-relação percebida na análise dos Mapas-guia. Trata-se de uma comparação ilustrativa do modo como a Modelagem propicia o desenvolvimento dos processos matemáticos do letramento.

Mapa 30 – Síntese entre as capacidades fundamentais da matemática e sua materialização no processo de Modelagem.

Fases da Modelagem	Processos Matemáticos do letramento
- Percepção no reconhecimento da situação-problema; - Apreensão na familiarização com o assunto a ser modelado;	<i>Formular</i> – reconhecer e identificar oportunidades de utilização da matemática, obtendo modelo matemático para resolução do problema real.
- Compreensão na formulação do problema e do modelo matemático;	
- Explicitação na resolução do problema a partir do modelo.	<i>Empregar</i> – aplicar conceitos, fatos, procedimentos e raciocínio matemáticos para resolver problemas e chegar a conclusões.
- Significação na interpretação da solução; Significação na validação do modelo – a avaliação;	<i>Interpretar, aplicar e avaliar</i> – reflexão sobre soluções, resultados, conclusões e interpretações matemáticas em situação-problema.
- Expressão do processo e do resultado	

Fonte: Elaborado pela autora.

A seguir, utilizam-se fragmentos do Mapa-guia 03 para exemplificar os três processos matemáticos do letramento contemplados no exercício da expressão do processo de Modelagem Matemática vivenciado por estes estudantes.

A – *Formular*

No Brasil ocorrem situações em que a cebola, sendo única fonte de renda dos produtores, precisa ser comercializada imediatamente após colheita, até mesmo sem completar o processo de cura [...]. Com o processo de cura mal efetuado, além da aparência dos bulbos pouco apreciável pelo consumidor, os mesmo ficam mais susceptíveis a deteriorações durante o armazenamento.

Na região do Alto Vale do Itajaí é uma prática comum entre os cebolicultores o armazenamento de parte da cebola colhida, [...] por períodos superiores a 5 meses. Os galpões utilizados para este armazenamento [...] não possuem condições adequadas, que, associado ao processo de cura mal efetuado dos bulbos, resulta em expressivas perdas [...].

Dentre as formas de armazenagem, as mais comuns [...] é a armazenagem com toda a palha e com o corte do talo. Muitos produtores de cebola preferem armazenar a cebola com toda palhada pois acreditam que resulta em menor perda de peso dos bulbos e em menor percentual de deterioração, quando comparado com o armazenamento onde é efetuado o corte do talo.

[...]

Objetivo: [...] avaliar a perda de peso, bem como o percentual de bulbos deteriorados após 0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias de armazenamento com e sem talo cortado.

[...]

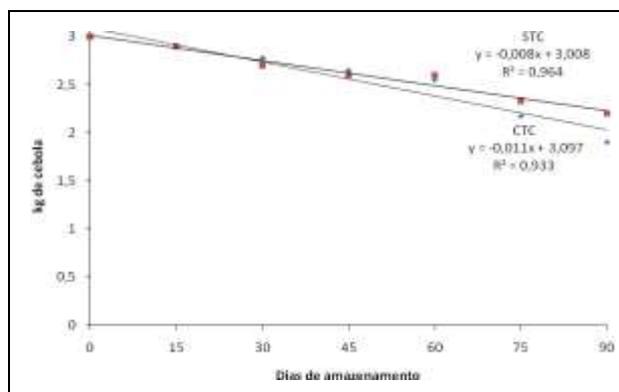


Figura 2: Perda de peso da cebola após armazenamento [...] (CTC) e (STC)

B – Empregar

Pode-se perceber que apesar de não ter sido observado diferença significativa entre os tratamentos (Figura 1), para ambas as formas de armazenamento o modelo linear de regressão foi o que proporcionou melhor ajuste (Figura 2). Nas condições em que foi desenvolvido o ensaio, após 90 dias de armazenamento houve uma perda de peso de 10,92% e 22,48% para cebola armazenada com talo e sem o corte do talo respectivamente.[...] Pode-se observar que ao longo do tempo a qualidade dos bulbos não se manteve estável. Após este período, para os bulbos armazenados com e sem o corte do talo obteve-se respectivamente 77,49 e 89,07% de bulbos com qualidade aceitável para a comercialização. Já para o percentual de bulbos deteriorados (Quadro 2), para a cebola armazenada com o talo cortado constatou-se deterioração de 22,48% e para a armazenada sem o corte do talo 10,42.

C – Interpretar

[...] Foi possível verificar que no ano de 2010 o armazenamento da produção de cebola não uma boa opção para o produtor rural, uma vez que, além da redução do preço por kg de cebola recebido pelo produtor, há expressivo percentual de perda durante o tempo de armazenagem. Quanto aos sistemas de armazenagem avaliados, verificou-se uma redução linear no peso da cebola armazenada. Apesar de não ter sido observado diferença estatística entre os tratamentos, [...] a cebola armazenada sem o corte do talo perde menos peso durante o armazenamento, sendo mais promissor para o armazenamento desta hortaliça. Além disso, para esta forma de armazenagem foi constatado menor percentual de bulbos deteriorados após 90 dias de armazenagem. Já para a cebola armazenada com o talo cortado, além de ser observada maior perda de peso, houve também maior percentual de bulbos deteriorados, o que certamente resultará em perdas mais expressivas para o produtor, quando comparado com a cebola armazenada sem o corte do talo.

A elaboração textual das produções mostrou que os estudantes, por meio da Modelagem Matemática vivenciada na Iniciação Científica, possuem capacidade para compreender a função da matemática em diversos contextos. Assim como para elaborar de forma reflexiva textos oriundos da resolução de alguma situação-problema de seu interesse como uma capacidade de comunicar as suas ideias. Quer dizer, sabem fazer uso do ler e escrever não apenas na matemática.

O processo matemático de elaborar um modelo é muito mais que ilustração da oportunidade de acesso às representações matemáticas distintas proporcionadas pelo ensino

com pesquisa. Carrega consigo uma série de outras ações que o estudante realiza e que estão implícitas no processo: o selecionar um tema, o definir um problema, o selecionar e interpretar dados, o definir e o avaliar estratégias para sua execução são ações não explícitas por um tipo de linguagem escrita. Porém, estão implícitas quando utilizam registros de representação variados para a expressão e significação do modelo e do resultado. Neste sentido, necessita-se avaliar que a produção de cada estudante se constitui resultado da significação feita por cada um ao longo do processo e o reflexo de suas capacidades cognitivas. Tudo isto é decorrente do processo de mediação do orientador e do professor da disciplina: um processo semiótico para Halliday (1978, 2001) e Halliday e Martin (1993), e utilização das funções da linguagem, na concepção de Vygosty (1996) e Wells (2001).

Os fragmentos a seguir ilustram os indicativos de letramento matemático que os estudantes possuem, uma vez que destacam as compreensões reflexivas oriundas da validação do modelo, as quais transcendem para uma esfera social com inferências para além do tema e da matemática:

[...] a cebola crioula é mais resistente ao armazenamento do que a cebola roxa, [...] perdeu 37 % do peso do momento da colheita em 18/12/2004 até a última pesagem em 30/05/2005, [...] apresenta maior vida de prateleira, alcançando pico de lucratividade maior que as perdas ocorridas (preço compensatório). [...] A cebola roxa se mostrou superior na produtividade em 17 % em relação à cebola crioula, [...] perdeu 55% do seu peso no mesmo período, [...] apresenta menor aceitação no mercado que a crioula.

[...] Recomenda-se, então, o plantio de cultivares crioulas para quem for efetuar o armazenamento e realizar a venda no momento em que faltar o produto no mercado, e o plantio de cultivar roxa para venda logo após a colheita (MG10).

[...] Foi possível verificar que no ano de 2010 o armazenamento da produção de cebola não uma boa opção para o produtor rural, uma vez que, além da redução do preço por kg de cebola recebido pelo produtor, há expressivo percentual de perda durante o tempo de armazenagem (MG3).

Concluiu-se que o modo de plantio direto obteve melhor produtividade, além de maior desenvolvimento vegetativo e altura de inserção das espigas. No plantio convencional, percebeu-se que as raízes eram maiores, pois elas buscavam água e nutrientes nas camadas mais profundas, além de possuir maior quantidade de plantas tombadas, devido menor desenvolvimento.

Mediante as variáveis analisadas e os procedimentos matemáticos e agrônômicos, conclui-se que o plantio direto se mostrou em todos os critérios mais eficientes, com menor número de plantas tombadas. (MG8)

Os resultados, com relação ao letramento matemático, indicaram a segunda fase da Modelagem e o início da terceira as que mais evidenciam situações características de nível 3. Estas em que são feitas a explicitação na formulação do modelo e resolução do problema e, na fase de significação, a interpretação da solução e validação do modelo. Isto evidencia como a Modelagem Matemática apresenta condições propícias para o desenvolvimento das habilidades características do letramento matemático, pois é nesta fase em que os estudantes

necessitam refletir sobre seus achados. Também utilizar os conceitos matemáticos como meios para esta compreensão e reflexão, comunicar as suas interpretações e o seu processo de obtenção do modelo, fortalecendo a escrita de argumentos.

As capacidades cognitivas observadas no letramento matemático que se tornam indicativas de compreensão e interação com o contexto de estudo mediante utilização de linguagem matemática, são percebidas e se materializam ao longo do processo de Modelagem. Por meio da comunicação, da matematização, da representação, do raciocínio e da argumentação, assim como do delineamento de estratégia para resolução de problemas, utilização de linguagem simbólica, formal e técnica, também das operações e a utilização de ferramentas matemáticas (INEP, 2012). Quanto mais desenvolvidas essas capacidades, mais se torna complexo o nível de proficiência de letramento matemático. O Mapa 32 ilustra como, durante o processo de Modelagem, o estudante desenvolve e utiliza as capacidades cognitivas fundamentais da matemática.

Mapa 31 – Relação entre as capacidades fundamentais da matemática e sua materialização na Modelagem.

Capacidades Fundamentais	Materialização na Modelagem
Comunicação	Qualquer ação no sentido de apreensão ou expressão de informações relativas ao tema e o processo de resolução da situação-problema.
Matematização	Atividades matemáticas fundamentais envolvidas na obtenção do modelo
Representação	Linguagens utilizadas na exposição textual (representação visuais) para representação de objetos matemáticos – o modelo.
Raciocínio e argumentação	Usos funcionais da linguagem: pensamento generalizante e interação social.
Delinear estratégia	Movimento pelas fases e subfases da Modelagem - apontar e selecionar percursos para resolução
Uso de linguagem simbólica, formal e técnica, e operações	Uso e manipulação dos símbolos e regras matemáticas no contexto da situação investigadas e necessárias para formular, resolver e interpretar a matemática e o modelo.
Ferramentas matemáticas	Tecnologias para obtenção, registro e interpretação dos dados. Uso de calculadora, instrumentos de medida e computador, todos com suas ferramentas.

Fonte: Elaborado pela autora.

Um aspecto relacionado às capacidades cognitivas da matemática se constitui no conteúdo utilizado ao longo do processo. Nas formulações dos modelos e resoluções das situações-problema dos Mapas-guia prevaleceram conteúdos matemáticos agrupados na área denominada pelo INEP (2012) de *Processos Matemáticos*, subárea de *Mudanças e relações*, bastante relacionada à Álgebra.

O letramento matemático relativo a essa subárea exige que o estudante saiba modelar mudanças e relações com funções e equações adequadas, além de criar, interpretar e transitar entre os diversos registros de representação semiótica. Justamente, nesta área de avaliação do letramento matemático em que os estudantes brasileiros são menos proficientes. Por esse motivo é que se pode inferir que a Modelagem Matemática pode contribuir para que estes níveis se elevem, propiciando o letramento matemático e científico, ou melhor, de variados letramentos.

4.2.5 A linguagem científica ao longo das fases da Modelagem e das produções

A análise das produções, a partir das quatro categorias descritas anteriormente, propicia a emissão de considerações também a respeito das fases da Modelagem Matemática e panorama geral das produções. Para tanto, a seguir, apresentam-se aspectos gerais a respeito de cada uma das três fases, na busca de aproximações e afastamentos, ou confluências e divergências entre as categorias.

(i) Percepção e Apreensão:

Perceber um tema em potencial para investigação e fazer emergir um problema dentre uma série de dados ou informações não consiste em tarefa simples, e sim requisitos de letramento matemático. Adicionar a isto ao exercício da utilização de linguagens para registro escrito, a fim de que possa ser visualizado por outrem para quaisquer fins, aumenta a dificuldade do estudante de Ensino Médio na busca pela sua proficiência. Porém, propicia o desenvolvimento das capacidades cognitivas não apenas em matemática e contribui para o aumento dos níveis de proficiência em todas as áreas do conhecimento, capacitando-o para uma expressão característica de linguagem científica.

Ao longo das produções, os resultados evidenciaram que na primeira fase da Modelagem Matemática houve reduzido uso de representações visuais e de conceitos matemáticos pelos estudantes. Aconteceu quando os estudantes materializaram o produto de sua capacidade de reconhecimento e identificação de oportunidades para utilizar matemática para resolver algum problema. Os escritos elaborados nesta fase foram formulados, principalmente, com auxílio de sequências dissertativo-argumentativo ou dissertativo-expositivo. Em virtude disto, a fase conteve os maiores níveis e desempenho acima da média, na categoria processos semântico-gramaticais, conseqüentemente, presença de textos com metáforas gramaticais tão desejadas nas construções textuais de estudantes do Ensino Médio.

Apenas nessa fase inicial, que os aspectos linguísticos apresentaram valores acima da média, portanto, característicos de linguagem científica. Os Mapas-guia que obtiveram desempenho (a partir do escore padronizado) acima da média em relação aos aspectos linguísticos foram MG1, MG5, MG8 e MG4. Estes bons níveis são em decorrência de que, nesta fase, há a elaboração de um texto oriundo da percepção de um problema e da apreensão de informações e estudos a respeito, realizado em fontes diversas (diretas e indiretas).

A familiarização com a linguagem científica por meio das várias leituras realizadas pelos estudantes para a construção do texto relacionado ao tema deve ter, gradualmente, contribuído para sua utilização nos textos escritos pelos estudantes em diferentes tipos de sequências textuais, não sendo apenas as argumentativas. Quer dizer, a linguagem presente nestas fontes pode ter interferido no modo como os estudantes construíram seus textos, pois a percepção embora não seja considerada fonte de conhecimento, “é um processo complexo que compreende receber e identificar informações provenientes do meio [...] e classifica-las” (BIEMBENGUT, 2016, p. 72), expressando-as por meio de linguagens depois de ocorrido processo mental.

Em suma, o destaque desta fase, reflexo do que os sentidos perceberam com atenção, foram os aspectos linguísticos de linguagem científica. Apenas em MG3 não foram obtidos melhores níveis quando observados tais aspectos. Já em relação às duas últimas categorias, relativa aos aspectos matemáticos (representações visuais e letramento matemático), estes ficaram ofuscados na fase. Tais considerações indicam que, a linguagem científica, nesta parte, terá destacados os aspectos linguísticos permeadas com representações visuais. Isto se constitui na parte essencial para que o estudante inicie o reconhecimento e identificação de oportunidades para utilização posterior de conceitos matemáticos, aspectos estes característicos dos processos matemáticos do letramento ‘*formular*’.

(ii) Compreensão e explicitação

Compreender exige do estudante a ativação de suas capacidades cognitivas de modo a (re)configurar e (re)significar as informações ou dados apreendidas considerando a situação-problema que deseja resolver. É por meio da compreensão que o estudante chega ao conhecimento. Assim, explicitar o produto dessa compreensão, por meio também da escrita, propicia ao estudante o aprimorar de suas capacidades. Esta é uma fase de bastante trabalho intelectual, sendo esta um desafio ao estudante de Ensino Médio que tem diante de si uma tarefa que não encontra respostas prontas em livros ou outros meios de divulgação científica.

Durante a elaboração textual, o estudante retoma o mapa mental elaborado ao longo do processo e transcreve as significações dadas ao mesmo, ao tema e ao problema, tendo como centro o modelo e a resposta ao problema a partir deste. “Um modelo que permitirá gerar uma história explicada de uma proposta, [...] uma história que é estabelecida na medida em que testamos cada hipótese ou pressuposto formulado sobre a ‘realidade artificial’” (BIEMBENGUT, 2016, p. 109).

Os destaques nessa fase foram os maiores níveis de taxonomia técnica dos textos e desempenho acima da média (principalmente pelo uso de terminologia específica). Também intensa utilização de variados gêneros multimídia e presença de conhecimento matemático integrante da categoria letramento matemático. Portanto, as informações compreendidas pela mente e explicadas ou explicitadas por vários tipos de linguagens tomaram corpo ao longo desta fase, nos Mapas-guia, e ilustram as capacidades cognitivas dos estudantes de utilizarem sistemas escritos linguísticos e matemáticos na promoção de significados da Matemática na Linguagem e da Linguagem na Matemática. Sendo assim o que refina este processo crítico e criativo, de acordo com Biembengut (2016), são a vivência e a experiência de praticar Modelagem. Desta forma, evidenciou-se nesta fase a presença do processo matemático do letramento referente ao ‘*empregar*’ conceitos matemáticos e recursos diversos possíveis para a resolução do problema e a chegada de considerações a partir do modelo. Este fato justifica a intensa presença das diversas representações visuais nos Mapas.

A comunicação desta fase materializada pela escrita está caracterizada pela maior expressão de estilo descritivo ao longo dos Mapas-guia, pois é nesta fase que os estudantes expressam o modo condutivo da pesquisa e da obtenção de dados e resultados. A escrita é menos formal e estruturada, porém mais dinâmica e se aproxima da narratividade característica de linguagem menos estruturada. Este fato se torna responsável pelo desempenho, abaixo da média nesta fase. Assim, percebe-se que o modo como cada grupo de estudantes expressa o ‘teor’ da fase está relacionado às capacidades cognitivas de como percebeu, filtrou com ajuda da atenção e compreendeu esta integração da problemática com a matemática. Neste sentido, diferenciam-se as densas produções escritas de MG3, MG1 e MG8. No entanto, os Mapas-guia que obtiveram desempenho (a partir de escore padronizado) em relação aos aspectos linguísticos, com valores acima da média, foram MG1, MG2, MG3, MG5, MG8 e MG10.

Devido ao objetivo da fase, a linguagem científica em termos linguísticos se torna mais deficiente, porém não significa que os estudantes não a utilizaram de forma clara e

objetiva. Ela apenas não favorece o uso de metáforas, geralmente, presentes em partes do texto em que o estudante procura expor e justificar suas reflexões a partir dos dados ou do problema. Na etapa em que compreende o problema, explicita a formulação do modelo e a resolução do problema a partir dele, sobressaem os aspectos matemáticos da linguagem científica e se declinam os aspectos linguísticos que foram destaque na primeira fase. Nela se sobressaiu uma combinação da escrita verbal tipológica com o matemático (nas variadas representações visuais) operacional topológico descrita por Lemke (1998a, 1998b).

(ii) Significação e expressão

Nesta fase, a escrita a respeito da interpretação da solução e verificação da validade do modelo obtido, apesar do prevaletimento de argumentações, explicações e dissertações, teve um desempenho abaixo da média. Sendo os mais baixos níveis de densidade léxica constituinte da taxonomia técnica e dos processos semântico-gramaticais nas construções textuais. Verifica-se, então, que “formular princípios gerais que possam expressar premissas ausentes ou argumentos indutivos” (BIEMBENGUT, 2016, p. 109) não é tarefa simples ou fácil. A materialização dos resultados interpretativos emergentes em função das capacidades cognitivas evidencia a construção de significados feitos pelos estudantes após a obtenção do modelo.

Portanto, contrariando as expectativas iniciais da pesquisa, os resultados mostraram que essa fase não apresenta os melhores níveis de linguagem científica. O desempenho da escrita característica de linguagem científica, em relação aos aspectos linguísticos, foi abaixo da média das demais fases. A construção textual realizada pelos estudantes para registrar as interpretações da solução e do resultado, das aplicações do modelo para além do fenômeno estudado e avaliações da adequabilidade do modelo, embora atendessem aos objetivos da fase da Modelagem, poderia ter sido elaborada com melhor qualidade linguística. Uma vez que a etapa propicia a utilização de argumentos plausíveis. Em contrapartida são resultados adequados se comparados que a amostra foi elaborada por estudantes do Ensino Médio. MG1, MG8, MG3, MG5 e MG2 obtiveram desempenho acima da Média nesta fase.

Ao longo dos Mapas-guia, percebeu-se a existência dos processos matemáticos do letramento de interpretar, aplicar e avaliar resultados matemáticos em todos os Mapas-guia. Exceto em MG4, cuja qualidade não foi considerada adequada. Já os modelos obtidos nos Mapas, todos podem ser considerados válidos, uma vez que expressaram a situação problema

e permitiram expressar reflexões a partir dele, características do trabalho desta fase, segundo Biembengut (2014, 2016).

A partir das principais considerações a respeito das categorias ao longo das fases da Modelagem, outro aspecto importante a ser observado, é o desempenho geral de linguagem científica de cada Mapa-guia. No Mapa 33 se apresentam os níveis médios resultantes da análise relativos as quatro categorias e no Mapa 34, os níveis de correlações entre elas.

Mapa 32 – Níveis médios dos Mapas-guia relativo às quatro categorias avaliadas.

Mapa-guia	Taxonomia técnica	Processos semântico-gramaticais	Representações visuais	Letramento matemático
MG1	2,55	2,44	3,00	3,00
MG2	2,43	2,26	3,00	3,00
MG3	2,28	2,31	3,00	3,00
MG4	2,21	2,06	2,00	2,00
MG5	2,56	2,26	3,00	3,00
MG6	2,28	2,11	3,00	3,00
MG7	2,36	2,02	3,00	3,00
MG8	2,53	2,29	3,00	3,00
MG9	2,02	1,74	3,00	3,00
MG10	2,30	2,08	3,00	3,00
Média	2,35	2,16	2,90	2,90
Desv Padrão	0,16	0,19	0,30	0,30

Fonte: Elaborado pela autora.

Mapa 33 – Níveis médios dos Mapas-guia relativo às quatro categorias avaliadas.

	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4
Cat 1	1			
Cat 2	0,84	1		
Cat 4	0,28	0,16	1	
Cat 5	0,28	0,16	1	1

Fonte: Elaborado pela autora.

Em relação às correlações entre as categorias expressas no Mapa 34, evidencia-se um valor forte entre a taxonomia técnica e os processos semântico-gramaticais. Isso indica que os

estudantes, ao melhorarem os níveis de taxonomia, contribuíram para o aumento dos níveis na categoria de processos semânticos.

Entre as categorias relativas aos aspectos linguísticos a correlação foi maior do que entre estas e os aspectos matemáticos (categorias 3 e 4). Todas as correlações foram positivas, indicando que o aumento de cada uma delas acarreta um aumento linear das outras. Sendo assim, os aspectos linguísticos presentes na linguagem escrita do processo de Modelagem vivenciado não apresenta relação direta com os aspectos matemáticos: a presença dos gêneros e desenvolvimento do letramento matemático. Por isso a defesa de que uma avaliação da linguagem científica nas atividades de Modelagem deve ser constituída dos dois diferentes aspectos: linguísticos e matemáticos, uma vez que todos os dois são importantes e complementares na constituição de um texto científico de Modelagem Matemática.

Em relação as representações visuais e o letramento matemático, os resultados indicaram que os estudantes demonstraram por meio da escrita condições de utilização eficiente de linguagem científica, exceto em MG4. Em relação aos aspectos linguísticos (composto pelas três primeiras categorias), com base no escore padronizado, conforme Mapa 35, na 1ª fase obteve-se desempenho acima da média (Escore Z de 88,6 pontos acima da média). Já na segunda fase estes aspectos pioraram, porém a fase 2 obteve escore muito próximos da média, não sendo possível afirmar que não se trata de níveis de linguagem científica.

Mapa 34 – Escore Z (multiplicado por 100) relativo aos aspectos linguísticos ao longo das fases da Modelagem.

Linguística	MG 1	MG 2	MG 3	MG 4	MG 5	MG 6	MG 7	MG 8	MG 9	MG 10	Média
1ª Fase	140,1	-109,4	-6,0	133,2	132,3	67,0	134,8	140,8	138,5	115,0	88,6
2ª Fase	-53,4	132,3	125,4	-25,6	-22,9	74,3	-30,3	-82,1	-93,9	13,8	3,8
3ª Fase	-86,7	-22,9	-119,4	-107,7	-109,4	-141,4	-104,5	-58,7	-44,6	-128,8	-92,4

Fonte: Elaborado pela autora.

Como os melhores níveis nem sempre indicam melhor desempenho em relação aos demais Mapas, foram utilizados os valores de escores padronizados para indicar em que medida os estudantes do Ensino Médio Integrado fizeram uso da Linguagem Científica. Quer dizer, avaliar o desempenho Médio da linguagem científica de cada Mapa-guia em relação ao desempenho dos demais, também, de cada uma das categorias integrantes destes.

A avaliação da medida em que os estudantes do Ensino Integrado expressaram a linguagem científica (*LC*), nesta tese, foi baseada no índice médio dos escores padronizados

(EP) das quatro categorias de cada Mapa-guia, ou seja, $LC = \overline{EP}$. Valores esses iguais ou acima do índice médio foram considerados indicativos de linguagem científica. Isto é, $LC \geq 500$, sabendo que $EP = 100 \times Z + 500$ e $Z = \frac{(NC - NM)}{DP}$ (NC constitui-se no nível de determinada categoria do Mapa Guia, NM é a média dos níveis na categoria e DP, o desvio padrão). Portanto, no Mapa 36, têm-se os índices os escores obtidos nas quatro categorias, auxiliares na avaliação da linguagem científica contida na expressão do processo de Modelagem Matemática.

Mapa 35 – Escore padronizado dos Mapas-guia com referenciais em relação à média de 500 pontos.

Mapa-guia	Taxonomia técnica	Processos semântico-gramaticais	Representações visuais	Letramento matemático	Média
MG1	621,28	649,83	533,33	533,33	584,44
MG2	547,85	555,67	533,33	533,33	542,55
MG3	456,69	581,77	533,33	533,33	526,28
MG4	414,90	450,62	200,00	200,00	316,38
MG5	629,28	556,37	533,33	533,33	563,08
MG6	457,81	474,30	533,33	533,33	499,69
MG7	502,78	426,52	533,33	533,33	498,99
MG8	609,24	568,64	533,33	533,33	561,14
MG9	294,38	277,02	533,33	533,33	409,52
MG10	465,78	459,26	533,33	533,33	497,93

Fonte: Elaborado pela autora.

Em consideração aos níveis e escores padronizados obtidos, considera-se que os estudantes do Ensino Médio, ao expressarem por escrito o processo de Modelagem, desenvolveram-se cognitivamente e tiveram oportunidade de desenvolvimento e utilização de linguagem científica. Percebeu-se que em seis dos Mapas-guias os estudantes utilizaram linguagem com características de linguagem científica e seus textos podem ser considerados como de qualidade científica: MG1, MG2, MG3, MG5 e MG8. A avaliação leva em consideração a média dos escores padronizados, o qual foi acima da média. Em relação aos outros Mapas, três podem ser considerados compostos de linguagem muito próxima a científica ou linguagem mediana (MG6, MG7 e MG10), com EP bem próximo à média das categorias. Já as produções MG9 e MG4, com EP bem abaixo da média, foram classificadas como possuindo escrita característica de linguagem comum.

4.3 CONSIDERAÇÕES DESTE MAPA TEÓRICO

O intuito deste capítulo foi a análise dos dados explicitados no Mapa de Campo, dos fragmentos resultantes do processo de Modelagem Matemática. A análise pautou-se em dois aspectos inter-relacionados: os aspectos linguísticos representados pelas categorias de taxonomia técnica e processos semântico-gramaticais; e os aspectos matemáticos, representados nas representações visuais e no letramento matemático. Portanto quatro categorias foram eleitas para analisar a Linguagem Científica na expressão do processo de Modelagem Matemática. Elas foram conceituadas, classificadas e exemplificadas. Isso serviu para que pudéssemos avaliar em que medida a Modelagem Matemática contribui para o desenvolvimento da Linguagem Científica.

Verificou-se que os estudantes fizeram uso competente dos recursos linguísticos e matemáticos na produção de significados, sendo capazes de, durante o processo, utilizarem os processos de formular, empregar e interpretar a matemática nas situações-problema de cada produção. Isso proporcionou com que cinco textos (e mais dois com valores próximos ao percentual aceitável) pudessem ser caracterizados com uso de Linguagem Científica. Tal fato sugere que professores do Ensino Médio podem utilizar a Modelagem Matemática e, por meio da expressão do processo vivenciado, orientar para a utilização de Linguagem Científica.

O modelo avaliativo utilizado nesta pesquisa serve então de instrumento para análise da Linguagem Científica na Modelagem Matemática. Pode ser sintetizado como:

- 1) Seleção dos registros escritos de produções de Modelagem Matemática divididas nas três fases do processo;
- 2) Formação das unidades de análise (por frases – aspectos linguísticos - ou por parágrafo(s) – aspectos matemáticos);
- 3) Organização de uma tabela para registro da análise referente a cada categoria – taxonomia técnica, processos semântico-gramaticais, representações visuais e letramento matemático;
- 4) Análise de cada uma das unidades de análise nas quatro categorias de acordo com os níveis indicadores de complexidade (valores 1, 2 ou 3), descritos no Mapa 20;
- 5) Obtenção de média dos níveis obtidos nas categorias relacionadas aos aspectos linguísticos. Nas demais, considerar o maior valor encontrado;
- 6) Aplicação de teste de associação e correlação de dados, bem como determinar EP;
- 7) Determinar EP médio das categorias e destacar produções cujo escore for maior ou igual a 500, característicos de Linguagem Científica.

DAS CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

Neste espaço da pesquisa retomam-se os questionamentos apontados no início da pesquisa e explicitam-se considerações a respeito de como os estudantes do Ensino Médio Integrado expressam a Linguagem Científica nas produções escritas de Modelagem Matemática e em que medida a Modelagem Matemática contribui para o desenvolvimento da Linguagem Científica. Estas considerações decorrem de um processo de percepção, compreensão, identificação e análise da Linguagem Científica, isto se constitui em um processo semiótico. Portanto, é na expressão deste processo que existe a possibilidade de que os envolvidos nele ou outras pessoas tomem conhecimento, reflitam, avaliem, interessem por reproduzi-lo ou modificá-lo, a fim de ampliar os conhecimentos ou entendimentos sobre tudo o que foi explorado no processo de Modelagem Matemática.

As categorias representativas utilizadas no processo de análise fundamentaram-se em aporte teórico analítico com os estudos de Linguagem Científica de Halliday, M. A. K. e Martin, J. R.; e Lemke, J. L, e em aporte teórico empírico, baseados nas contribuições de Biembengut, M. S. A partir destes, trabalhou-se com a análise de quatro categorias, ancoradas no material empírico: *taxonomia técnica; processos semântico-gramaticais; representações visuais e letramento matemático*. Para além deste, apresentam-se algumas implicações pedagógicas dos resultados da pesquisa para a área de Educação Matemática e Científica, para o ensino com Modelagem Matemática, além de explanação sobre as limitações deste estudo de Linguagem Científica na Modelagem Matemática e perspectivas futuras da pesquisa.

Sendo assim, analisar a Linguagem Científica de estudantes do Ensino Médio Integrado evidenciadas nas produções escritas de Modelagem Matemática a fim de especificar em que medida o método contribui para o desenvolvimento da Linguagem Científica implica na realização de considerações a respeito das linguagens e dos recursos utilizados na escrita para construção de significados tipológicos e topológicos. Também indica em considerar a presença e avaliação de um conjunto de aspectos linguísticos, representações visuais e conceitos matemáticos utilizados pelos estudantes na expressão de suas produções, percebendo se eles são ou não complementares neste processo semiótico. Portanto, o movimento de teorização explicita as interpretações realizadas, mediante as inter-relações entre as categorias de análise e as relações teóricas. Este movimento permite defender a tese de que a Modelagem Matemática contribui para o uso e apropriação da linguagem científica ao possibilitar ao estudante do Ensino Médio, em Iniciação Científica, o desenvolvimento de habilidades relativas ao letramento matemático e científico simultaneamente, evidenciado nos

aspectos linguísticos e matemáticos presentes nos textos. Ademais, evidenciou-se nos textos que os estudantes conseguiram implantar com competência o significado matemático no contexto, escrevendo com interdependência as representações visuais e a linguagem verbal. A utilização da linguagem científica dependeu de capacidades cognitivas potencializadas durante o processo de mediação semiótica do orientador e do professor da disciplina, para utilização de sistemas linguísticos e matemáticos na produção de significados da Matemática na Linguagem e da Linguagem na Matemática.

Os argumentos para isto é que ela permitiu, no caso desta pesquisa, que o estudante: (i) *formule* um problema matemático passível de solução a partir de uma situação-problema em determinado contexto; (ii) *empregue* conceitos, ferramentas e procedimentos matemáticos na elaboração do modelo e na resolução do problema; (iii) *interprete* e avalie as soluções obtidas a partir do modelo no contexto de criação do mesmo. Desta forma, utilizando na expressão deste processo e do resultado linguagem estruturada, descontextualizada, objetiva e organizada, características de qualidade linguística. O processo de expressão também ilustra o reflexo de suas capacidades dissertativa e argumentativa ao utilizar várias linguagens.

As evidências de como os estudantes expressam a Linguagem Científica nas produções foram: (i) utilização de termos referencias pertinentes relativos ao tema estudado e aos conceitos matemáticos empregados; (ii) apresentação de escrita com bom nível de densidade léxica, nominalizações e argumentações; (iii) capacidade de construção de significados fazendo uso, predominantemente, de voz impessoal, voz passiva ou mista e de construções metafóricas; escrita característica de sequências híbridas compostas de pouca narração e destacada dissertação, explicação e argumentação, ilustrando capacidade de construção de significados essenciais, mesclando suas próprias palavras com vocabulário técnico; (iv) uso apropriado de representações visuais utilizando linguagens para a produção de significados diferentes, ou seja, com função de especialização; (v) apresentação de textos com características indicativas de letramento matemático em nível avançado, superior aos dos brasileiros na última edição do PISA.

Tais evidências, avaliadas com auxílio de medidas de associação e correlação de dados e escore padronizado, indicaram que cinco das produções apresentaram desempenho iguais ou superior ao índice médio dos escores padronizados (EP = 500), caracterizando assim o uso da Linguagem Científica. Enquanto três delas estão bastante próximas deste tipo de linguagem, que também podem ser consideradas de qualidade científica em se tratando de estudantes ainda na Educação Básica. Portanto, são oito produções a evidenciar que os estudantes do

Ensino Médio, e não apenas cientistas ou comunidades de pesquisa da área, conseguem se expressar na forma escrita com características de linguagem científica.

Destaca-se que os estudantes do Ensino Médio, responsáveis pela produção escrita constante nos Mapas-guia, não são cientistas e, portanto, não utilizam a linguagem científica da mesma forma que estes. A tendência dos mesmos ao vivenciar o processo de Modelagem Matemática consistiu em uma construção textual permeada de recursos semióticos em que fazem uso de linguagens, cujas funções são mais distintas que semelhantes. Este fato é um destaque para estudantes do Ensino Médio, uma vez que incorporar um novo significado ao que está sendo investigando não ocorre com frequência, nem com facilidade. Na maioria das vezes, os estudantes não utilizam esta variação em tarefas comuns.

Ainda a respeito da produção de significados, a Modelagem se constituiu assim um método que favorece a complementação dos significados tipológicos e topológicos descritos por Lemke, pois requer a elaboração de Modelos que oferecem condições propícias para a construção de significados topológicos. Portanto, os recursos linguísticos e representações visuais, fonte para a construção dos significados tipológicos e topológicos, se complementam para uma verdadeira e completa expressão do processo de Modelagem Matemática. Na Modelagem se faz necessária à presença de mais de um recurso semiótico na resolução da situação-problema ou interpretação do modelo e da solução: sejam a linguagem natural e a representação gráfica, a linguagem algébrica e a linguagem natural, a representação visual e o simbolismo matemática, dentre outros. Assim, tem-se na Modelagem uma oportunidade de ligação entre a linguagem verbal e os significados realizados nas representações visuais.

Os resultados indicam que, contrariando hipótese inicial, a fase da Modelagem com melhores níveis médios de Linguagem Científica, em relação aos aspectos linguísticos, foi a 1ª e não a terceira. A escrita na validação do processo, mesmo elaborada com o apoio de argumentos, careceu de um estilo com maior densidade e estruturação. Isto ilustra que, na Modelagem, a linguagem utilizada não é homogênea; às vezes pode ser pessoal e persuasiva na 1ª fase, descritiva na segunda e mais neutra e formal quando se expressam considerações sobre a solução do problema. Porém, a escrita argumentativa, dissertativa e explicativa dominante nos Mapas ilustra que o método propicia aos estudantes a oportunidade de uma escrita não restrita a apenas conceitos e sim, esses outros estilos menos frequentes nas escritas dos estudantes, como a argumentação, forma científica do discurso característico da linguagem científica. Não se pode afirmar que o tempo foi responsável por uma melhoria nos níveis de linguagem científica das produções, uma vez que não eram os mesmos estudantes ou

mesmos orientadores. Provavelmente, as capacidades cognitivas e o nível de mediação do professor orientador tenham interferido nos níveis de linguagem.

A partir da análise dos resultados, pode-se inferir que a Linguagem Científica na Modelagem é composta de um conjunto de características próprias distintas e complementares, de aspectos linguísticos e matemáticos, na qual os diferentes registros de representação são utilizados na produção de significado. A partir dos pressupostos de Halliday e de Lemke, defende-se que a presença de linguagem científica na Modelagem pressupõe a existência da justaposição de um modelo visual (as representações visuais) utilizado para resolução da situação-problema para complementação de aspectos descritos por meio da linguagem natural. Uma vez que esta não consegue sozinha produzir significados completos. O modelo expresso por meio de representação visual (gráfico, tabela ou expressão) e de linguagem natural não significará para o leitor e o escritor apenas formas diferentes de expressar a mesma coisa (LEMKE, 2010). Uma vez que não se torna possível expressar exatamente com mesmos significados, porém o processo de Modelagem será assim mais significativo. Apropriando-se das ideias destes teóricos, a Modelagem estaria a serviço da Ciência ao passo que propicia e capacita os estudantes para que façam uso de variadas linguagens de forma eficiente e significativa, integrando-as funcionalmente nas atividades científicas.

Sendo assim, critérios para avaliação da Linguagem Científica na expressão escrita de Modelagem Matemática devem ser definidos a partir de dois aspectos interdependentes: aspectos linguísticos e aspectos relacionados à matemática. Deve-se avaliar então a taxonomia técnica com a presença de termos referentes ao tema de estudo e escrita com considerável densidade léxica. Ademais, a escrita deve contemplar a presença de metáforas gramaticais que deixam a escrita mais densa e reconfiguração dos processos nominais envolvidos. Em relação às representações visuais, a expressão escrita do processo de Modelagem deve conter variados tipos delas, como tabelas, gráficos, esquemas, expressões algébricas, dentre outros. Representações essas utilizadas de forma a expressar um novo significado ao que está sendo discutido. Outro critério consiste na avaliação do letramento matemático proporcionado durante o processo e desenvolvido pelos estudantes. É necessário verificar se os estudantes evidenciam domínio dos processos matemáticos de ‘formular, empregar e interpretar’ a matemática (conceitos) com auxílio de recursos tecnológicos para assim serem capazes de explicar, validar e realizar previsões do fenômeno estudado. Domínios estes essenciais dentro do processo de Modelagem Matemática.

Em referência às implicações educativas dessa pesquisa, destaca-se que devido ao baixo desempenho dos estudantes na linguagem científica no final da segunda e terceira fases, este fato merece ser investigado. A queda na densidade e na estrutura da escrita por ser um indicativo de que os professores devam dar maior atenção na mediação do processo de orientação quando o estudante estiver envolvido nestas fases. Também propiciar melhores condições e orientações para o desenvolvimento da escrita nesta parte pode contribuir para o aumento dos níveis de linguagem científica das produções.

Outra implicação está no destaque a ser dado na formação inicial e continuada de professores da Educação Básica de todas componentes curriculares, a respeito das funções e utilização das linguagens para além da oralidade durante as aulas. Isto deve ser concretizado não apenas sob a forma de redações ou elaboração de histórias. Destacar a importância da utilização de linguagem escrita estruturada linguisticamente na qual sejam componentes outros tipos de linguagens como a simbólica, a matemática (com todas as possíveis representações visuais), com presença de seus recursos tipológicos e topológicos. Destacar que a Modelagem, como método de ensino e de pesquisa, propicia a concretização desses destaques e contribui para melhoramento do nível de linguagem científica dos estudantes, cooperando desta forma com a enculturação científica dos estudantes.

Com relação às limitações de estudo, considera-se que as conclusões poderiam ser outras caso fosse utilizado todo o texto das produções dos estudantes e não apenas os fragmentos, como o ocorrido nesta pesquisa. Ressalta-se esta limitação embora se considere os Mapas-guia (construídos a partir de fragmentos), expressão geral do processo e, uma vez elaborados antes da definição das categorias de análise, descaracterizaria assim, qualquer seleção pretenciosa de fragmentos. Outra limitação que pode ter interferido nos resultados, embora considerada pela pesquisadora como improvável, refere-se à seleção da amostra visto que foram considerados apenas os melhores trabalhos de Modelagem Matemática (com garantia de no mínimo um por ano) desenvolvidos em um período de oito anos de Iniciação Científica. Talvez a utilização de uma amostra composta de produções com e sem utilização de Modelagem Matemática ilustraria melhor os resultados para a tese de que a Modelagem Matemática propicia a utilização da Linguagem Científica contemplando o desenvolvimento do letramento matemático e científico.

Ressalta-se, ainda, que os resultados de linguagem científica obtidos nesta pesquisa são específicos de um ambiente de ensino e de aprendizagem de Iniciação Científica em curso normal de aula no Ensino Médio. Apesar deste fato, considera-se que tais práticas podem ser

facilmente desenvolvidas no ensino de matemática ou de outro componente curricular ou adaptadas para este fim, bem como a utilização da avaliação de linguagem científica utilizada nesta pesquisa. A mediação do professor, no contexto da sala de aula de Matemática, tão eficiente quanto em Iniciação Científica, pode propiciar condições de o estudante melhorar tanto a Linguagem Científica quanto o Letramento Matemático.

Em relação às perspectivas futuras de pesquisa, durante o processo de análise realizado a partir da definição das categorias, percebeu-se que um estudo avaliando a evolução da escrita destes estudantes em relação da linguagem científica seria pertinente. Poderia se utilizar inicialmente de duas ou três primeiras versões anteriores para então sugerir modificações ou adequações ao trabalho possibilitando ao estudante condições para o desenvolvimento das capacidades cognitivas em relação à linguagem científica. Tal avaliação poderia ser feita a partir de uma lista de vários aspectos os quais deveriam estar contemplados nos textos, incluindo aspectos linguísticos (taxonomia técnica e processos semântico-gramaticais) e de aspectos matemáticos (representações visuais e letramento). De qualquer forma, estudos posteriores podem considerar tais fatores. Outro aspecto passível de investigação refere-se a um questionamento a respeito dos resultados obtidos: investigar se a escrita decorrente do processo de percepção e apreensão é influenciada pelos estilos textuais presentes nas informações contidas dos mais variados meios de divulgação científica, bem como a influência do professor orientador durante o processo.

Para finalizar, expressei algumas contribuições (acadêmica, docente e pessoal) da elaboração dessa tese. A realização da pesquisa contribuiu para o meu crescimento acadêmico e profissional, uma vez que ampliou o conhecimento teórico a respeito de Linguagem e Linguagem Científica, bem como o conhecimento a respeito da prática da pesquisa e da análise de dados. Este último tem contribuído significativamente para a realização de outras pesquisas além dessa, a respeito de Linguagem (Científica) e também de Modelagem (Matemática). O entendimento da prática da pesquisa e o aperfeiçoamento acadêmico são imensuráveis nesta caminhada de quatro anos. Os textos utilizados para os estudos e os dados obtidos em investigações são observados atualmente com outros ‘olhos’, com ‘outro crivo’, uma vez que ampliou a capacidade de escrita, a significação da teoria e dos dados empíricos, além de modificada compreensão da análise tanto em relação à linguagem científica quanto em relação à elaboração de materiais para divulgação científica. As contribuições oriundas do doutoramento contribuirão para o aprimoramento da vida profissional e da práxis educativa e

pedagógica, visto que atualmente atuo em Instituição que prima pelo ensino, pesquisa e extensão.

REFERÊNCIAS

ABBAGNANO, N. **Dicionário de filosofia**. Tradução de Alfredo Bossi e Ivone Castilho de Benedetti. 5. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

ADAM, J. M. **Les textes**: Types et prototypes - Récit, description, argumentation, explication et dialogue. Traducción parcial, cátedra M.C. Rebola. Paris: Nathan, 1992.

AGUIAR, V. T. **O verbal e não-verbal**. São Paulo: Unesp, 2004.

ALMEIDA, L. M. W.; TORTOLLA, E.; MERLI, R. F. Modelagem matemática – com o que estamos lidando: modelos diferentes ou linguagens diferentes. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 14, n. 2, p. 215-239, maio/ago. 2012.

ALVES-MAZZOTTI, A. J. O método nas Ciências Sociais. In: _____; GEWANDSNAJDER, F. **O método nas Ciências Sociais**: pesquisa quantitativa e qualitativa. São Paulo: Pioneira, 1998. p. 109-187.

ANDRADE, M. M. de. **Introdução à Metodologia do trabalho científico**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

BAKHTIN, M. M. **Marxismo e filosofia da linguagem**. 6. ed. Tradução: Michel Lahud e Yara Frateschi Vieira. São Paulo: HUCITEC, 2002.

_____. **Questões de Literatura e de Estética**. São Paulo: Editora Unesp; HUCITEC (1934), 1998.

BARBISAN, L.B. Texto e contexto. **Organon**, v. 9, n. 23, p. 51-60, 1995. Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/organon/article/viewFile/29359/18049>>. Acesso em: 20 out. 2016.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2006.

BIEMBENGUT, M. S. 30 Anos de Modelagem Matemática na Educação Brasileira: das propostas primeiras às propostas atuais. **Alexandria**. Revista de Educação em Ciências e Tecnologia, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 7-32, 2009.

_____. **Mapeamento na Pesquisa Educacional**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

_____. **Modelação Matemática como método de ensino aprendizagem de Matemática em cursos de 1º e 2º Graus.** 1990. 210f. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1990.

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

_____. **Modelagem no Ensino Fundamental.** Blumenau: Edifurb, 2014.

_____. **Modelagem matemática & Implicações no Ensino e na Aprendizagem de Matemática.** 2. ed. Blumenau: Edifurb, 2004.

_____. **Qualidade de Ensino de Matemática na Engenharia:** uma proposta metodológica e curricular. 1997. 175 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

BLUM, W. Applications and Modelling in mathematics teaching and mathematics education – some important aspects of practice and of research. In: SLOVER, C. et al. **Advances and perspectives in the teaching of mathematical modeling and applications.** Yorklyn: Water Street Mathematics, 1995.

_____. Mathematical modelling in mathematics education and instruction. In: **Teaching and learning mathematics in context**, Edited by Breiteig (etc.), 1993, Ellis Horwood Limited, Chichester, p. 3-14. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.580.7314&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2014.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação:** uma introdução à teoria e aos métodos. Lisboa: Porto Editora, 1994.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica.** Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

_____. Lei n. 9394, de 20 de dezembro de 1996, Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. In: **Diário da União**, ano CXXXIV, n. 248, 23/12/96. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm>. Acesso em: 10 jan. 2015.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

BRONCKART, J. P. **Atividade de linguagem, textos e discursos – por um interacionismo sócio-discursivo.** São Paulo: Educ, 1999.

CARMO, A. B.; CARVALHO, A. M. P. Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de Física. **Ciência e Educação**, v. 15, n. 1, p. 61-84, 2009.

CELLARD, A. A análise documental. In: POUPART, J. et al. (Orgs.). **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos.** Petrópolis: Vozes, 2008.

DRIVER, R. et al. Constructing scientific knowledge in the classroom. **Educational Researcher**, Thousand Oaks, v. 23, n. 7, p. 5-12, 1994.

DUVAL, R. Registros de representações semióticas e funcionamento cognitivo da compreensão em Matemática. In: Machado, S. D. A. (Org.). **Aprendizagem em Matemática: registros de representação semiótica.** Campinas, SP: Papirus, 2003. p. 11-33.

EGGINS, S. **An introduction to systemic functional linguistics.** London: Pinter, 1994.

FANG, Z. Scientific Literacy: A Systemic Functional Linguistics Perspective. **Science Education**, v. 89, p. 335-347, 2004.

FIORIN, J. L. **Linguagem e Ideologia.** São Paulo: Ática, 2007.

FUZER, C.; CABRAL, S. R. S. Introdução à gramática sistêmico-funcional em Língua Portuguesa. 1. ed. Campinas, SP: Mercado das letras, 2014.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GUBA, E. G.; LINCOLN, Y. S. **Effective Evaluation.** São Francisco: Jossey-Bass, 1981.

HALLIDAY, M. A. K. **An introduction to functional grammar.** 2. ed. Londres: Arnold, 1994.

_____. Context of situation. In: HALLIDAY, M. A. K.; HASAN, H. **Language, context and text: aspects of a language in a social-semiotic perspective.** Oxford: Oxford University, 1989. p. 3-14.

_____. **El lenguaje como semiótica social** - la interpretación social del lenguaje y del significado. Santafé de Bogotá, Colômbia: Fondo de Cultura Econômica, 2001.

_____. **Explorations in the functions of language.** London: Arnold, 1973.

_____. **Languagem as social semiotic.** The social interpretation of language and meaning. London: Arnold, 1978.

_____. Some grammatical problems in scientific English. In: HALLIDAY, M. A. K.; MARTIN, J. R. **Writing science: literacy and discursive power.** Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1993b. p. 69-85.

_____. Towards a language-based theory of learning. **Linguistics and Education**, n. 5, 1993a. p. 93-116.

HALLIDAY, M.A.K; HASAN, R. **Language, context, and text: aspects of language in a social-semiotic perspective.** Oxford: Oxford University Press, 1989.

HALLIDAY, M. A. K.; MARTIN, J. R. **Writing science: literacy and discursive power.** Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1993.

HALLIDAY, M. A. K.; MATTHIESSEN, C. M. I. M. **An introduction to functional grammar.** 3. ed. Londres: Arnold, 2004.

HELDER, R. R. **Como fazer análise documental.** Porto: Universidade de Algarve, 2006.

HODGE, R.; KRESS, G. **Social Semiotics.** London: Polity Press, 1988.

HOLSTI, O. R. (1969). **Content Analysis for the Social Sciences and Humanities.** Boston: Addison Wesley, 1969.

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Relatório Nacional PISA 2012: Resultados brasileiros.** 2012. Disponível em: <

http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2014/relatorio_nacional_pisa_2012_resultados_brasileiros.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2015.

JAPIASSÚ, H.; MARCONDES, D. **Dicionário básico de Filosofia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Zahar Editor, 2001.

LEMKE, J. L. **Aprender a Hablar Ciência**: language, aprendizaje y valores. Madrid: Editora Paidós, 1997.

_____. **Letramento metamidiático**: transformando significados e mídias. **Trab. linguist. apl.**, Campinas, v. 49, n. 2, p. 455-479, dec. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-18132010000200009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 22 Jun. 2016.

_____. Mathematics in the middle: measure, picture, gesture, sign, and word. In: ANDERSON, M. et al. (Eds.). **Educational perspectives on mathematics as semiosis**: from thinking to interpreting to knowing. Ottawa: Legas Publishing, 2002. p. 215-34.

_____. Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In: MARTIN, J.; VEEL, R. (Eds.). **Reading science**. Londres: Routledge, 1998a. p. 87-113.

_____. Teaching all the languages of science: words, symbols, images and actions. In: CONFERENCE ON SCIENCE EDUCATION, 1998b. Barcelona. Disponível em: <<http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/sci-ed.htm>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

_____. Typological and Topological Meaning in Diagnostic Discourse. **Discourse Processes**, v. 27, n. 2, p. 173-185, 1999.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação**: abordagens qualitativas. Reimp. São Paulo: EPU, 2012.

MÁRQUEZ, C. IZQUIERDO, M.; ESPINET, M. Comunicación Multimodal en la Clase de Ciencias: El Ciclo Del Agua. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, n.3, p. 371-386, 2003.

MARTIN, J. R. Literacy in Science: Learning to handle text as technology. In: HALLIDAY, M. A. K.; MARTIN, J. R. **Writing science**: literacy and discursive power. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 1993. p. 166- 202.

MATURANA, H. **Emoções e linguagem na educação e na política**. 3. Reimpressão. Tradução: José Fernando Campos Fortes. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2002.

MATURANA, H. R.; VARELA, F. J. **A árvore do conhecimento**: As bases biológicas da compreensão humana. Tradução: Humberto Mariotti e Lia Diskin. 2. ed. São Paulo: Palas Athenas, 2002.

MICHAEL HALLIDAY. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Michael_Halliday> Acesso em: 10 fev. 2015.

MICHAELIS. **Dicionário prático da língua portuguesa**. São Paulo: Melhoramentos, 2008.

MORTIMER, E. F. As chamas e os cristais revisitados: estabelecendo diálogos entre a Linguagem Científica e a linguagem cotidiana no ensino das Ciências da natureza. In: SANTOS, W. L. P. dos; MALDANER, O. A. (Orgs.). **Ensino de química em foco**. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2010.

_____. Sobre chamas e cristais: a Linguagem Científica, a linguagem cotidiana e o ensino de Ciências. In: CHASSOT, A. e OLIVEIRA, J.R. (Orgs.). **Ciência, Ética e Cultura na educação**. São Leopoldo: Unisinos, 1998, p. 99-118.

MORTIMER, E. F.; CHAGAS, A. N.; ALVARENGA, V. T. R. Linguagem Científica *versus* linguagem comum nas respostas escritas de vestibulandos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 3, n. 1, p. 7-19, 1998.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. **Meaning making in secondary science classrooms**. Maidenhead: Open University Press, 2003.

MORTIMER, E. F.; VIEIRA, A. C. F. R. Letramento científico em aulas de química para o ensino médio: diálogo entre Linguagem Científica e cotidiana. In: DALBEN, A.; DINIZ, J.; LEAL, L.; SANTOS, L. (Orgs.). **Coleção Didática e Prática de Ensino**: Convergências e tensões no campo da formação e do docente – Educação Ambiental, Educação em Ciências, Educação em Espaços não escolares, Educação Matemática. Belo Horizonte: Autêntica, 2010. p. 301-326.

MORTIMER, E. F.; VIEIRA, A. C. F. R.; ARAÚJO, A. O. Letramento científico em aulas de química. In: MARINHO, M.; CARVALHO, G. T. (Org.). **Cultura escrita e letramento**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. p. 234-253.

NEVES, M. H. M. Uma visão da gramática funcional. **Alfa**. São Paulo, v. 38, p. 109-127, 1994.

NISS, M.; BLUM, W.; GALBRAITH, P. Introducyion. In: BLUM, W. **Modelling and Applications in Mathematics Education**. New York: Springer, 2007. p. 3-32.

OLIVEIRA, J. R. S.; S. L. QUEIROZ. A retórica da Linguagem Científica: das bases teóricas à elaboração de material didático para o ensino superior de química. **Química Nova**, v. 35, n. 4, p. 851-857, 2012.

_____. **Comunicação e Linguagem Científica: Guia Para Estudantes de Química**. Campinas: Átomo, 2007.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky** – Aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 1995.

PIETROCOLA, Maurício. Linguagem e estruturação do pensamento na Ciência e no Ensino de Ciências. In: _____; FREIRE JR., Olival (Orgs.). **Filosofia, Ciência e História: uma homenagem aos 40 anos de colaboração de Michel Paty com o Brasil**. 1 ed. São Paulo: Discurso, 2005. p. 467-485.

RODRIGUES, C. **Abordagem CTS e possibilidades de letramento científico no projeto água em foco: tipos textuais e Linguagem Científica**. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação)- Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

SCHELLER, M. **Modelagem Matemática na Iniciação Científica: contribuições para o Ensino Médio Técnico**. 2009. 229f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) – Instituto de Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SCHELLER, M.; BONOTTO, D. L.; BIEMBENGUT, M. S. Formação Continuada e Modelagem Matemática: Percepções de Professores. **Educação Matemática em Revista**, v. 46, p. 16-24, 2015.

SILVA, N. S. **Modos de uso e o processo de apropriação do conceito de elemento químico por estudantes do ensino fundamental**. 2009. 231 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SILVA, N. S.; AGUIAR JR, O. G. A estrutura composicional dos textos de estudantes sobre ciclos de materiais: evidências de uso e apropriação da Linguagem Científica. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 20, n. 4, p. 801-816, 2014.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. Trad. Jefferson Luiz Camargo. 6. reimp. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

WELLS, G. **Indagación dialógica**: hacia una teoria y una práctica socioculturales de la educación. Buenos Aires: Paidós, 2001.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Tradução Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre: Bookmann, 2001.