



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Ciências Biológicas

Instituto de Física

Instituto de Química

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

**APLICAÇÃO DE MODELOS QUALITATIVOS À EDUCAÇÃO
CIENTÍFICA DE SURDOS**

GISELE MORISSON FELTRINI

Brasília – DF

Março

2009



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação
Instituto de Ciências Biológicas
Instituto de Física
Instituto de Química
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS

**APLICAÇÃO DE MODELOS QUALITATIVOS À EDUCAÇÃO
CIENTÍFICA DE SURDOS**

GISELE MORISSON FELTRINI

Dissertação realizada sob orientação do Prof. Dr. Paulo Sérgio B. de Almeida Salles – e co-orientação do Prof. Dr. Ricardo Gauche – e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Biologia”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília – DF

Março
2009

GISELE MORISSON FELTRINI

APLICAÇÃO DE MODELOS QUALITATIVOS À EDUCAÇÃO CIENTÍFICA DE SURDOS

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Biologia”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Aprovada em 12 de março de 2009

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Sérgio B. de Almeida Salles
(Presidente)

Prof. Dr. Carlos Hiroo Saito
(Membro Externo – IB/ECL/UnB)

Prof^a. Dr^a Celeste Azulay Kelman
(Membro Externo – FE/UnB)

Prof^a. Dr.^a Maria Luiza de Araújo Gastal
(Suplente – PPGEC/UnB)

Desenvolver o conhecimento científico em todas suas dimensões representa oferecer ao surdo as mesmas condições oferecidas aos ouvintes – tornando-os cidadãos protagonistas, participantes e críticos dos acontecimentos sociais e científicos de sua comunidade e do seu país.

Aos estudantes surdos.

Agradecimentos

Este trabalho é fruto de muitos desafios, discussões e da participação especial de pessoas que me incentivaram e acreditaram em meu trabalho. Com elas compartilho minha satisfação e gratidão:

Ao professor Paulo Salles, meu orientador, incansável e perspicaz, que soube me apoiar e incentivar nos momentos mais difíceis e com seriedade e compromisso apontou-me caminhos, enriquecendo muito este trabalho com suas contribuições e sem dúvida contribuindo muito para meu crescimento acadêmico.

Ao professor Ricardo Gauche, meu co-orientador, que me estendeu as mãos quando eu dava os primeiros passos na vida acadêmica.

Aos professores Celeste Azulay Kelman e Carlos Hiroo Saito, externo minha gratidão por ter-me honrado com a participação na Banca Examinadora.

À professora Heloísa Salles pelo apoio à realização desta pesquisa.

À professora Enilde Faulstich, meu reconhecimento por compartilhar seus conhecimentos e afeto.

Aos professores e colegas do curso de mestrado em Ensino de Ciências, que estiveram juntos nessa caminhada possibilitando aprendizagens e convivências de inestimável valor.

Às amigas e colaboradoras Mônica M. P. Resende e Isabella Gontijo, que não mediram esforços no desenvolvimento desta pesquisa.

Aos professores que participaram desta pesquisa e aos alunos do curso de licenciatura em Letras Libras da Universidade de Santa Catarina – pólo UnB que cooperaram generosamente com meu trabalho.

À Francisca Vanete, Cinthia Gomes, Gricélia Silva e Saulo Machado, informantes surdos, por acreditar no trabalho e pela disponibilidade nas várias horas de estudo e troca de conhecimentos.

À Sandra Patrícia de Faria, pela oportunidade de discutir e compartilhar idéias que me auxiliaram a direcionar os rumos deste trabalho.

Ao Ministério da Educação (MEC/CAPES/PROESP) pelo apoio e financiamento do projeto 'Português como segunda língua na educação científica de surdos', no qual esta pesquisa se insere.

Aos amores de minha vida Sílvio, João Victor, Pedro Henrique e Júlia, pelos muitos momentos de paciência, carinho, apoio e, sobretudo, incentivo.

Aos meus familiares e amigos, pelo apoio e incentivo em todos os momentos para atingir meus objetivos.

A Deus, graças, por tudo que realiza em minha vida.

RESUMO

Esta dissertação investiga o uso de modelos baseados em raciocínio qualitativo como ferramenta para a aquisição de conceitos científicos, o desenvolvimento do raciocínio inferencial e o aperfeiçoamento de competências lingüísticas de estudantes surdos. Para tanto, examina requisitos para a educação de surdos, a partir dos quais se analisam as implicações do uso de modelos qualitativos para o processo ensino-aprendizagem de ciências desses alunos. A fim de introduzir tais modelos em sala de aula, três condições devem ser observadas: (a) a educação deve ser bilíngüe, sendo a língua brasileira de sinais (Libras) a primeira língua dos surdos e o Português escrito, a segunda língua; (b) o vocabulário científico deve ser representado em Libras; (c) o material didático deve seguir a pedagogia visual, apropriada para as necessidades específicas dos surdos. A metodologia adotada foi a pesquisa qualitativa e a coleta de informações decorre de cinco ações: um curso de extensão sobre modelos qualitativos para professores de ciências do ensino médio; um grupo de estudo formado por estudantes surdos universitários para criação de sinais em Libras que representem elementos de modelagem qualitativa (primitivos de modelagem); validação, por outro grupo de estudantes surdos e professores, dos sinais criados; validação do modelo construído e implantação da proposta de material didático-tecnológico apropriado ao processo de ensino-aprendizagem de ciências a estudantes surdos. Os resultados obtidos incluem um glossário de termos técnico-científicos em Libras e material didático concebido para explicar em Libras como construir e utilizar modelos qualitativos. Conclui-se que modelos qualitativos podem fornecer suporte para elaboração de materiais didáticos que integram recursos visuais e o português escrito a atividades educacionais, oferecendo condições adequadas para a formação de conceitos científicos e para o desenvolvimento do raciocínio lógico de estudantes surdos no processo de educação científica.

Palavras-chave: modelos qualitativos, surdos, ensino de ciências

ABSTRACT

The work described here investigates the use of qualitative reasoning models as a tool to support acquisition of scientific concepts, development of inferential reasoning skills and improvement of linguistic competences by deaf students. Requirements for deaf students education were examined and the implications of qualitative models use for the learning process were analyzed. In order to introduce such models into the classroom, three conditions have to be met: (a) bilingual education is mandatory, being the Brazilian sign language (Libras) deaf's first language and written Portuguese the second one; (b) scientific vocabulary has to be represented in Libras; (c) didactic material should follow a visual oriented pedagogy, adequate for their special needs. A qualitative research methodology was adopted, and data was collected in five activities: a course on qualitative reasoning models for secondary school in service teachers; a study group of undergraduate deaf students dedicated to the creation of signs in Libras to represent qualitative modelling elements (modelling primitives); validation by a different group of deaf students and teachers of the new signs; validation of a qualitative model created to be used in this research, and implementation of didactic material adequate for learning science concepts by deaf students. Results include a glossary of technical and scientific terms expressed in Libras, and a multimedia didactic material for explaining the modelling process and how qualitative reasoning models can be used for learning activities. Concluding, this research has shown that qualitative models can offer support for creating didactic material that integrates visual resources and written Portuguese in educational activities, and adequate conditions for elaborating scientific concepts and developing logical reasoning in science education.

Keywords: qualitative models, deaf, science teaching

LISTA DE FIGURAS

1. Entidades do sistema 'Aquecimento Global'.....	67
2. Agente do processo de produção industrial.....	67
3. Agente do processo de produção agropecuária.....	67
4. Fragmento de modelo e seus componentes.....	71
5. Biblioteca de Fragmentos de Modelos.....	72
6. Processo de produção industrial e produtos'.....	73
7. Processo de produção industrial e resíduos'.....	73
8. Indústria ativa economia'.....	74
9. Indústria polui atmosfera.....	75
10. Poluentes afetam a temperatura da Terra.....	75
11. Pressupostos.....	77
12. Resíduos correspondem a produtos.....	77
13. Cenário 13c 'Indústria afeta a temperatura da Terra causando mudanças Climáticas'.....	78
14. Estado inicial.....	79
15. Grafo de estados.....	79
16. Clima estável abaixo da temperatura limite.....	80
17. Mudanças climáticas acima da temperatura limite.....	81
18. Modelo causal obtido no estado 13 da simulação que se inicia a partir do cenário descrito na figura 13.....	81
19. Ação do empreendedor.....	85
20. Taxa de produção agropecuária depende da área desmatada.....	86
21. Processo de produção agropecuária e produtos.....	86

22. Processo de produção agropecuária e resíduos queimados.....	86
23. Produtos agropecuários correspondem a resíduos queimados.....	87
24. Agropecuária ativa a economia.....	87
25. Agropecuária polui a atmosfera.....	88
26. Assume temperatura corresponde a poluentes.....	88
27. Cenário 21 'Produção agropecuária'.....	89
28. Diagrama de valores das quantidades temperatura, ondas de calor, eventos de inundação.....	90
29. Diagrama de valores das quantidades eventos de seca e PIB agrícola.....	90
30. Cenário envolvendo os processos de produção agropecuária e industrial..	91
31. Grafo de estados obtido a partir da simulação do cenário representado na figura 30.....	91
32. Diagrama de valores obtido a partir da simulação do cenário representado na figura 30.....	91
33. Modelo causal envolvendo os processos de produção agropecuária e de produção industrial.....	94
34. Fluxograma mostrando os principais componentes e as possibilidades de navegação no DVD instrucional.....	134

LISTA DE QUADROS

1. Entidades e configurações.....	69
2. Entidades e respectivas quantidades com seus espaços quantitativos.....	70
3. Exemplos de termos gerados para o glossário em Libras.....	129

LISTA DE APÊNDICES

1. Atividades criadas para explorar modelos qualitativos.....	180
1.1. Atividade 1 – Processo de produção industrial.....	180
1.2. Atividade 2 – Processo de produção agropecuária.....	186
1.3. Atividade 2 - Processo de produção agropecuária e industrial.....	196
2. Glossário gerado em Libras de termos da modelagem qualitativa.....	199
3. Material didático–tecnológico intitulado ‘O uso de modelos qualitativos na educação científica de estudantes surdos e ouvintes’.....	205
4. Avaliação de modelos qualitativos por professores (questionário).....	206
5. Atividades para avaliação do modelo ‘Aquecimento global’ por estudantes surdos.....	213
5.1. Atividade 1.....	213
5.2. Atividade 2.....	215
6. Validação dos sinais por estudantes surdos (tabela de dados).....	218
7. Validação dos sinais por professores (tabela de dados).....	220

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
1. ENSINO DE CIÊNCIAS A ESTUDANTES SURDOS: PRESSUPOSTOS E DESAFIOS	22
1.1 Trabalhos relacionados.....	22
1.2 O papel da linguagem no ensino de ciências.....	28
1.3 O papel do professor na construção dos conhecimentos científicos.....	34
1.4 O papel do conteúdo.....	38
1.5 A metodologia.....	40
1.6 Os recursos didáticos, técnicas e estratégias de ensino.....	41
1.7 A modalidade visual e o processo de aprendizagem.....	44
1.8 Novas perspectivas pedagógicas.....	45
2. UMA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO EM SALA DE AULA	48
2.1 Raciocínio qualitativo.....	48
2.2 Modelos qualitativos e educação de surdos.....	51
2.3 A Teoria da Relevância.....	52
2.4 A formação de conceitos.....	56
2.5 Raciocínio Qualitativo – estudos anteriores.....	57
2.6 Objeto de pesquisa.....	60
3. UM MODELO QUALITATIVO SOBRE O AQUECIMENTO GLOBAL	63
3.1 Teoria Qualitativa dos Processos.....	63
3.2 Um modelo sobre o aquecimento global.....	64
3.3 Os componentes do modelo.....	67

3.4 A descrição do modelo.....	71
3.4.1 O processo de produção industrial.....	73
3.4.1.1 A simulação do cenário.....	77
3.4.2 O processo de produção agropecuária.....	84
3.5 O modelo e suas implicações educacionais.....	94
4. AÇÕES METODOLÓGICAS.....	98
4.1 Um curso para professores de ensino de ciências.....	100
4.1.1 Objetivos.....	101
4.1.2 Participantes.....	101
4.1.3 Planejamento.....	102
4.2 O grupo de estudo para criação de sinais.....	105
4.2.1 Objetivos.....	105
4.2.2 Informantes.....	106
4.2.3 Planejamento.....	108
4.3 Validação dos sinais por estudantes surdos.....	110
4.3.1 Objetivos.....	110
4.3.2 Participantes.....	110
4.3.3 Planejamento.....	111
4.4 Validação dos sinais por professores de surdos.....	111
4.4.1 Objetivos e Participantes.....	112
4.4.2 Planejamento.....	113
4.5 Uma proposta de material didático–tecnológico (multimídia).....	113
4.5.1 Objetivos.....	114
4.5.2 Participantes.....	114
4.5.3 Planejamento.....	115

5. OS RESULTADOS	117
5.1 Criando atividades para explorar modelos qualitativos.....	117
5.1.1 Fórum do ambiente virtual.....	121
5.2 Glossário de sinais representando os primitivos de modelagem.....	122
5.2.1 Criação e registro dos sinais.....	124
5.2.2 Glossário em Libras.....	125
5.3 Material didático produzido.....	131
6. VALIAÇÃO DO MATERIAL PRODUZIDO	135
6.1 Validação dos Modelos ‘Árvore e Sombra’ e ‘Aquecimento Global’.....	135
6.1.1 Validação por Especialista.....	138
6.1.2 Validação por Professores.....	139
6.1.3 - Validação por Estudantes Surdos.....	148
6.2 Validação dos Sinais que Representam a Terminologia de Modelos Qualitativos.....	149
6.2.1 Validação dos Sinais por Estudantes Surdos.....	150
6.2.2 - Validação dos Sinais por Professores de Surdos.....	150
6.2.3 Nova Discussão sobre os Sinais Avaliados.....	152
6.3 - Validação do DVD Instrucional.....	154
7. DISCUSSÃO	155
CONSIDERAÇÕES FINAIS	165
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	167
APÊNDICES	179

INTRODUÇÃO

O sistema educacional brasileiro enfrenta hoje a tarefa de promover os direitos educacionais dos surdos. Com efeito, os alunos surdos estão incluídos na sala de aula junto com estudantes ouvintes. Neste contexto, é importante compreender os requisitos para a inclusão de alunos surdos no sistema educacional, particularmente no que diz respeito à aquisição de conceitos científicos, à compreensão de sistemas complexos e ao desenvolvimento de competências relacionadas ao raciocínio inferencial e qualitativo.

No entanto, a compreensão do processo de aprendizagem dos conceitos científicos constitui campo a ser ainda melhor e mais estudado. A especificidade lingüística dos surdos faz de sua escolarização uma situação muito complexa, com diversas dificuldades que interferem, decisivamente, na construção de conceitos científicos. Para os surdos, às dificuldades encontradas por quaisquer outros estudantes em sala de aula de ensino de Ciências somam-se as de caráter específico, como as características da língua de sinais (FARIA, 2001, 2003; FERNANDES, 2003; QUADROS, 2004), a carência de terminologia conceitual especializada em Libras, na área de Ciências (MARINHO, 2007), e a falta de materiais didáticos adequados para os surdos (NOGUEIRA *et al.*, 2005; GAUCHE e FELTRINI, 2007).

A língua de sinais constitui modalidade diferente das línguas orais, pois os surdos recebem e captam a informação por meio do olhar, comunicando-se em uma modalidade visuoespacial, diferentemente do canal oral-auditivo que os ouvintes conhecem e dominam. Em sala de aula, essa situação requer um professor

intérprete, capaz de interpretar a aula geralmente conduzida por um professor regente que é ouvinte e utiliza a língua portuguesa.

Além disso, nota-se que a ausência de sinais para expressar um determinado conceito em Libras prejudica a compreensão de todo o conteúdo ministrado. Sem dúvida, esse fato interfere sobremaneira na construção de conceitos científicos. Dificilmente o professor regente poderá saber se os conceitos foram adequadamente adquiridos, pois falta a ele e ao aluno surdo um vocabulário comum, reconhecido em seu significado como portador dos conceitos trabalhados pelo professor regente.

Finalmente, a maioria dos materiais didáticos utilizados no sistema educacional requer o domínio da língua portuguesa, tanto nas modalidades escrita como falada. Entretanto, são muito conhecidas as limitações dos alunos surdos para ler e assimilar conceitos expressos em vocabulário que eles não dominam, e para escrever, expressando o entendimento que têm dos conceitos científicos estudados.

Poucas oportunidades para superar as dificuldades dos surdos têm sido oferecidas nas escolas (QUADROS, 2006). Os egressos do Ensino Fundamental, ainda sem domínio pleno da língua portuguesa – em sua maioria em um nível intermediário de aprendizagem de segunda língua –, vivenciam os reflexos dessa limitação no aprendizado de conteúdos de Ciências. Sem metodologia específica de ensino, o surdo dificilmente apresentará resultados satisfatórios na aprendizagem de conceitos científicos, pois esta pressupõe linguagem e estratégias adequadas, em geral ausentes nas salas de ensino de Ciências.

O desenvolvimento lingüístico de alunos surdos, no contexto da aprendizagem de conceitos científicos é o objeto de estudo do projeto “Português como Segunda Língua na Educação Científica dos Surdos”, desenvolvido por

pesquisadores e estudantes dos cursos de Mestrado e Doutorado em Lingüística e do Mestrado em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília, em colaboração com professores e alunos de escolas públicas do Distrito Federal. Esse projeto, no qual se insere esta pesquisa, volta-se crucialmente para as pessoas surdas que têm a Língua Brasileira de Sinais (Libras) como língua materna. Seu objetivo mais amplo é a formulação de propostas de aplicação do conhecimento científico ao desenvolvimento de instrumentos didático-pedagógicos e de tecnologias educacionais para o ensino de português como segunda língua para surdos, tendo em vista a demanda social e educacional dessas pessoas no que se refere ao acesso à informação e ao usufruto dos bens culturais produzidos pela sociedade do conhecimento.

Nesse sentido, algumas áreas da Inteligência Artificial (IA), como o Raciocínio Qualitativo (RQ) (WELD e de KLEER, 1990) podem ser de grande valia para a educação de surdos. Raciocínio Qualitativo visa o desenvolvimento de software capaz de realizar raciocínio automatizado a partir de conhecimentos incompletos sobre sistemas físicos (BREDEWEG e FORBUS, 2003). O uso de modelos qualitativos como recurso didático vem sendo investigado no âmbito do “Projeto Português como Segunda Língua na Educação Científica dos Surdos”. Dois estudos (SALLES *et al.* 2004; 2005) demonstram o potencial de modelos qualitativos para se tornar ferramenta para o ensino e para a interação entre conceitos, exploração de sistemas complexos em simulações e para obter previsões e explicações sobre o comportamento de um sistema, tendo como base um modelo que explicita as relações de causalidade.

A partir dessa reflexão, este trabalho busca responder a seguinte PERGUNTA:

Como intervir no processo de ensino aprendizagem de ciências com vistas a auxiliar a formação de conceitos científicos e sua aplicação a sistemas complexos por estudantes surdos?

As técnicas de RQ são instrumentos poderosos para a educação de alunos surdos, uma vez que modelos qualitativos articulam conhecimentos sobre diferentes sistemas físicos e sociais. Esses modelos utilizam um conjunto restrito de primitivos de modelagem para representar uma vasta classe de conceitos científicos. Desse modo, pode-se utilizar um vocabulário conciso, expresso em linguagem cotidiana, para descrever diferentes classes de fenômenos, que fornecem uma descrição clara da estrutura do sistema, a representação explícita das relações causais dentro do sistema, a partir da qual é possível gerar explicações sobre o comportamento do sistema de interesse.

Para tanto, define-se o seguinte objetivo para o trabalho descrito nesta dissertação:

Investigar o uso de modelos qualitativos como ferramenta capaz de dar suporte à aquisição de conceitos e ao desenvolvimento do raciocínio lógico de estudantes surdos no processo de educação científica.

A partir deste objetivo, pretende-se: a) identificar dificuldades encontradas em sala de aula de ensino de ciências para estudantes surdos; b) discutir o uso de modelos qualitativos no Ensino de Ciências para estudantes surdos que recebem a educação básica em escolas do Distrito Federal; c) identificar aspectos relevantes relacionados ao ensino baseada em modelos qualitativos; d) levantar terminologia relacionada a modelos qualitativos; e) desenvolver terminologia em Libras relacionada a modelos qualitativos, que possa ser utilizada no Ensino de Ciências a estudantes surdos; f) construir um modelo qualitativo a ser aplicado na elaboração

de material didático e h) desenvolver material didático baseado em modelos qualitativos.

Esta dissertação explora, no primeiro capítulo, a literatura sobre o assunto, incluindo textos relativos à área de educação especial, envolvendo alunos portadores de necessidades especiais e alunos surdos, apresentados nos Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências. São discutidos critérios propostos na literatura específica para a educação de surdos, a partir dos quais se propõem reflexões, com análise de implicações para o processo ensino-aprendizagem de Ciências com alunos surdos. O papel da linguagem no Ensino de Ciências a estudantes surdos é analisado e questões metodológicas são levantadas destacando a necessidade de uma reorientação no Ensino de Ciências para surdos.

Para intervir na realidade de sala de aula de Ensino de Ciências, propõe-se o uso de modelos qualitativos como suporte ao processo de ensino-aprendizagem. Assim, passa-se ao capítulo seguinte, que vai abordar esse tópico com base na Teoria Qualitativa dos Processos – TQP (FORBUS, 1984), para a qual é fundamental compreender como são representadas as relações de causalidade em um sistema de interesse. Na seção seguinte aborda-se a formação de conceitos com base na teoria da relevância (SPERBER e WILSON, 1995; SALLES *et al.*, 2007a), na qual os enunciados produzidos no contexto de fala são interpretados sob a perspectiva da relevância da informação, e uma breve seção discorre sobre as contribuições de Vygotsky (VYGOTSKY, 1998) para o entendimento da formação de conceitos científicos. Uma revisão da literatura sobre os estudos de RQ na educação fecha esse capítulo.

No terceiro capítulo, um modelo qualitativo sobre o aquecimento global é construído e descrito. Esta nova proposta de intervenção em sala de aula inspira

novos métodos de ensino na educação aos surdos, assim, a última seção desse capítulo, aborda as implicações pedagógicas do uso do modelo produzido.

Em seguida, no quarto capítulo, a metodologia adotada para a investigação sobre a utilização de modelos de Raciocínio Qualitativo (RQ) em sala de aula é descrita. Apresenta-se o contexto de pesquisa, seus participantes e questões importantes relativas ao processo de produção do material didático para surdos. Os instrumentos de coleta de informações decorrem de cinco ações: um curso ministrado a professores da área de Ensino de Ciências; um grupo de estudo formado por informantes surdos falantes/sinalizadores de Libras; validação dos sinais por estudantes surdos; validação dos sinais por professores da área de educação de surdos e elaboração de proposta de material didático-tecnológico.

No quinto capítulo, apresentam-se os principais produtos desta pesquisa, resultado das ações descritas no capítulo anterior. A contribuição deste trabalho, inclusive com a produção do material didático-tecnológico, é apresentada e descrita, apontando-se como esta ferramenta pode auxiliar o processo de ensino-aprendizagem de Ensino de Ciências.

Reservou-se um capítulo para a avaliação; o sexto capítulo discorre sobre a avaliação do modelo construído, a validação dos sinais por estudantes surdos e por professores da área de educação de surdos.

A discussão dos resultados é apresentada no sétimo capítulo e, nas considerações finais, retoma-se a questão que é o objetivo central deste trabalho e apresentam-se as principais idéias e as interpretações mais relevantes resultantes da análise e das reflexões decorrentes desta pesquisa.

1 - ENSINO DE CIÊNCIAS A ESTUDANTES SURDOS: PRESSUPOSTOS E DESAFIOS

Este capítulo inicia-se com uma revisão bibliográfica relacionada ao ensino de Ciências e educação de surdos e, nas seções seguintes, discutem-se aspectos necessários ao ensino de ciências a estudantes surdos.

1.1 - Trabalhos Relacionados

Para situar o presente trabalho no contexto das pesquisas da área de ensino de Ciências, nesta seção, descreve-se estudo bibliográfico relacionado ao ensino de Ciências e educação de surdos. Inicialmente, faz-se referência ao trabalho de Neto *et al.* (2005); estudo que integra-se a vários projetos realizados junto ao CEDOC – Centro de Documentação em Ensino de Ciências. O Centro de Documentação em Ensino de Ciências (CEDOC) é coordenado pelo grupo de pesquisa FORMAR-Ciências (Grupo de Estudos e Pesquisas em Formação de Professores da Área de Ciências), da Faculdade de Educação da UNICAMP, e desenvolve estudos e pesquisas sobre a produção acadêmica e didática na área de Educação em Ciências - Ciências Naturais, Biologia, Física, Química, Geociências, Saúde e Educação Ambiental, nos diversos níveis escolares. O CEDOC, instituído oficialmente desde 1987 é um serviço de identificação, classificação e divulgação da pesquisa educacional na área de Ciências, no Brasil, em especial aquela traduzida sob a forma de teses e dissertações (CEDOC, 2009).

Em seguida será apresentada uma análise sobre as Atas dos Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), principal foco dessa seção, por se tratar de um evento de grande relevância na área de ensino de ciências reúne especialistas da área, particularmente das sub-áreas de Física, Química, Biologia e Geologia, com a finalidade de discutir trabalhos de pesquisa recentes. O ENPEC é um evento bienal promovido pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências – ABRAPEC, seu sexto encontro realizou-se em novembro de 2007.

Por último, apresentam-se trabalhos que não constam nas Atas do ENPEC, entretanto, constituem estudos relacionados à temática aqui abordada.

O trabalho de Neto *et al.* (2005) procurou identificar, descrever e avaliar as principais tendências da pesquisa em Educação em Ciências no Brasil divulgada sob a forma de teses e dissertações defendidas entre os anos de 1972 e 2004. Nele, não há referência a estudos na área de ensino de Ciências a estudantes surdos e a área de educação especial.

As atas dos Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências apontam para trabalhos na área de educação especial abrangendo, de forma geral, alunos com necessidades especiais¹ e/ou especificamente alunos cegos, deficientes auditivos e surdos. Destaca-se que o termo surdo foi evidenciado apenas no último ENPEC, realizado em 2007. Vale mencionar que a pesquisa, aqui descrita, pauta-se numa abordagem sócio-antropológica (QUADROS, 1997) que considera o surdo não como um deficiente, mas membro de uma comunidade lingüística minoritária.

¹ Na literatura, utilizam-se alternadamente as expressões “necessidades educativas especiais” e “necessidades educacionais especiais”. No presente texto, adota-se “necessidades especiais” conforme o Plano Nacional de Educação (2001).

No que diz respeito a alunos com necessidades especiais tem-se o trabalho de Duarte e Gonçalves (2001) que realiza um estudo no 6º ano de escolaridade sobre a evolução do conceito de germinação e o trabalho de Souza, Orlandini e Souza (2003) que relatam uma experiência pedagógica desenvolvida com nove estudantes com necessidades especiais do ensino fundamental na faixa etária de 8 a 10 anos de idade, cujo tema de interesse foi a educação ambiental.

Em relação à investigação do ensino de ciências a estudantes cegos, Camargo (2001) com base numa abordagem socio-interacionista, analisa trechos de entrevistas concedidas por cegos acerca do tema movimento em física; Camargo e Silva (2003) a partir do tema queda dos objetos em Física oferecem subsídios teóricos e práticos ao trabalho educativo do professor que leciona Física a alunos cegos ou com visão reduzida; Costa *et al.* (2003) afirma que os professores no ensino fundamental (geralmente habilitados no magistério, normal superior ou em cursos de pedagogia), não têm formação específica para o ensino de ciências, e pouca ou nenhuma formação para a educação de crianças com necessidades especiais, o que sugere o despreparo dos profissionais para atuarem no ensino de ciências e na educação especial. Mota (2003) discute aspectos que considera relevante para o ensino de Química a alunos cegos a partir da investigação de sua prática em sala de aula; Camargo (2005) com base nos Parâmetros Curriculares Nacionais analisa a problemática do ensino de Ciências para alunos com necessidades especiais, cujo foco deu-se ao ensino de Física para alunos cegos.

Algumas pesquisas abordam alunos portadores de necessidades auditivas – Santana e Lima (2003) apresentam estudo bibliográfico referente ao ensino de Física a alunos surdos; Silva, Silva e Mion (2003a) descrevem que o grande obstáculo no seu processo de inclusão é a dificuldade em apropriar-se da

linguagem escrita, o que dificulta a comunicação entre os envolvidos e o processo avaliativo. Apresentam nessa pesquisa um estudo sobre novas formas de comunicação que desvinculem a produção e a leitura de textos científicos e tecnológicos do uso de palavras chave imposto pela Libras. E o trabalho de Silva, Silva e Mion (2003b) analisa as relações sociais entre alunos surdos e ouvintes no ensino de Física, bem como, caracteriza o uso do computador como apoio ao processo de ensino-aprendizagem, através da sua ampliação e execução na escola com vistas a favorecer a adaptação e a integração dos surdos no ensino regular e ainda contribuir para formação de professores.

Para finalizar a revisão das atas dos ENPECs, citam-se os trabalhos apresentados no VI ENPEC. Gauche e Feltrini (2007) exploram o cenário atual do ensino de ciências a estudantes surdos de ensino médio e apresentam pressupostos necessários a reorientação do ensino a essa clientela. Neto; Alcântara; Benite e Benite (2007) apresentam pesquisa participante sobre o processo ensino-aprendizagem de Química a alunos surdos e assumem os recursos visuais como fundamentais na mediação pedagógica. Souza, Lebedeff e Barlette (2007) apresentam estudo parcial de pesquisa acerca das percepções de jovens e adultos surdos sobre uma proposta de ensino de Física com estratégias de experimentação e grupo de aprendizagem centrada na experiência visual.

Entretanto, assim como nos ENPECs anteriores, no ano de 2007 ainda sobressaem as pesquisas relacionadas a alunos cegos - Ferreira e Dickman (2007); Tato e Lima (2007); Camargo *et al.* (2007); Duarte *et al.* (2007); Pires *et al.* (2007).

Outros trabalhos relacionados ao ensino de Ciências para surdos foram identificados, Carvalho e Lima (2003a) com foco no ensino de Física, apresenta trabalho dividido em três seções: história da educação do surdo no Brasil, inclusão

dos surdos em classes regulares e a importância do ensino de Física para alunos surdos. Em outro trabalho, Carvalho e Lima (2003b) argumentam sobre a importância da Física aos alunos deficientes auditivos. Bezerra e Pereira (2004) e Bezerra, Pereira e Costa (2004) versam sobre a educação matemática em contexto de surdos em trabalhos apresentados em eventos da área; Lorenzini (2004) em sua dissertação investiga o conceito de ser vivo elaborado pelos alunos surdos de 5ª e 6ª séries do ensino fundamental, classes comuns do ensino regular, além de verificar os efeitos da inclusão para a construção de conceitos e integração social.

Bezerra e Costa (2005a, 2005b) discutem sobre a formação de professores para o ensino de Matemática a alunos surdos. A partir de análises de livros didáticos de Física do ensino médio, Nogueira *et al.* (2005) aborda questões relativas a esta temática e destaca a falta de materiais didáticos apropriados ao ensino de surdos. Oliveira (2005) apresenta parte da pesquisa realizada, em classes especiais de surdos do Instituto Nacional de Educação de Surdos (INES), com o origami como instrumento facilitador para a construção de conceitos geométricos. O objetivo consiste em favorecer o desenvolvimento de vocabulário geométrico em Língua de Sinais, isto é, fazer com que os estudantes surdos, ao confeccionarem as peças, compreendam os conceitos envolvidos e criem sinais ou mesmo descrevam essas formas por meio de classificadores². Borges (2006) por meio de entrevistas investiga as correlações entre as representações docentes e o ensino de surdos, focalizando a educação Matemática e o ensino de Ciências. Demamann (2006) no contexto de uma escola de surdos examina as representações sociais de professores efetivos e estagiários em relação à educação ambiental e à surdez. Dias

² Classificadores são recursos lingüísticos não existentes na Língua Portuguesa, mas encontrados em outras línguas orais e nas línguas de sinais. Para saber mais consulte Felipe (2002).

(2007) realizou uma pesquisa bibliográfica sobre o tema surdez nas revistas de formação de professores do ensino de Ciências, Química Nova, Química Nova na Escola e Investigações em Ensino de Ciências. O objetivo do trabalho foi verificar se há o tema e como ele é contemplado nessas publicações. O resultado encontrado foi que apenas a revista Investigações em Ensino de Ciências apresentou um artigo relacionado a alunos portadores de deficiência visual e nenhum artigo relacionado à surdez. E Silva e Junior (2007) identificam questões relativas à inclusão e a situação do ensino de Física em um grupo de alunos surdos do ensino médio.

Ao final dessa seção, percebe-se um número maior de estudos voltados aos alunos cegos e ênfase sobre a área de ensino de Física em detrimento as demais áreas de ensino de Ciências. Algumas pesquisas ensaiam estudos relacionados à formação de conceitos e a preocupação com materiais adequados as necessidades de alunos surdos. Diante do exposto, conclui-se que a compreensão do processo ensino-aprendizagem de Ciências a estudantes surdos constitui campo a ser ainda melhor e mais estudado.

Diversos aspectos interferem no processo ensino-aprendizagem de Ciências para estudantes surdos. Assim, na procura de respostas as questões: “por quê?”, “o quê?”, “para quem?” e “como se ensina?”, buscou-se organizar a discussão seguinte em torno de três grandes critérios estruturantes para o ensino de Ciências: o conteúdo, a metodologia e o papel dos professores, acrescentam-se o papel da linguagem e dos recursos visuais, essenciais na perspectiva de alunos surdos.

1.2 - O Papel da Linguagem no Ensino de Ciências

Pesquisadores da área de Educação de Surdos advertem sobre as condições desiguais oferecidas aos surdos em relação aos estudantes ouvintes (QUADROS, 2006). Os conhecimentos desenvolvidos nas instituições de ensino são trabalhados exclusivamente em língua portuguesa. Considerando que os surdos não dominam essa língua, são prejudicados com relação à apropriação do saber. Pretende-se que o surdo receba um ensino adequado à sua necessidade lingüística e que o seu conhecimento seja compatível com o de seus colegas ouvintes.

O aluno surdo não pode apreender um conteúdo transmitido em uma língua que ele não domina, fato que restringe a sua aprendizagem a uma quantidade muito reduzida de conhecimento com qualidade questionável. (QUADROS, 2006, p. 50).

Estudantes surdos não recebem instrução formal em língua de sinais (Libras)³, língua natural da comunidade surda, o que gera um ambiente inapropriado à forma particular de processamento cognitivo e lingüístico desses alunos (QUADROS, 1997). A criança surda ingressa na escola sem aquisição de uma língua e necessita de um ambiente no qual a língua aconteça de forma espontânea e natural. Isso só lhe é possível em contato com outras crianças surdas, com surdos adultos ou com professores ouvintes que falem fluentemente a língua de sinais, considerando que, conforme Freeman (1999) e Quadros (1997), a maioria das

³ Libras – Língua Brasileira de Sinais, meio e fim da interação social, cultural e científica da comunidade surda brasileira.

crianças surdas é constituída de filhos de pais ouvintes e convive com uma população majoritariamente de ouvintes.

É evidente que não podemos considerar, do mesmo modo, um indivíduo que tem uma língua como principal instrumento para o seu pensamento lógico e um indivíduo que não teve qualquer acesso à aquisição de uma língua. É oportuno não deixarmos de registrar que, embora nem todos os processos mentais sejam realizados através do mecanismo lingüístico, o fato é que a ausência da aquisição de uma língua provoca, no desenvolvimento geral dos processos cognitivos, alguma alteração significativa (FERNANDES, 2003, p. 24).

Assim, a especificidade lingüística dos surdos faz de sua escolarização uma situação muito complexa, com diversas dificuldades que interferem, decisivamente, na construção de conceitos científicos. A língua de sinais apresenta modalidade diferente das línguas orais, os surdos recebem e captam a informação por meio do olhar, comunicando-se em uma modalidade visuoespacial, diferentemente do canal oral-auditivo que conhecemos e dominamos.

O trabalho de pesquisa descrito nesta dissertação pauta-se no pensamento pedagógico que possibilita ao surdo uma educação bilíngüe com reconhecimento de sua identidade, sua cultura e de seu papel político (SKLIAR, 1998 *apud* QUADROS, 2006) Em uma abordagem bilíngüe de educação para surdos, o ensino é realizado em língua de sinais, língua espontânea e natural da comunidade surda, e a língua majoritária do país é ensinada em sua modalidade escrita, com metodologia adequada de ensino de segunda língua.

A lei⁴ n.º 10.436, de 24 de abril de 2002, regulamentada pelo Decreto n.º 5.626, de 22 de dezembro de 2005, dispõe sobre a inclusão da Libras como

⁴ BRASIL. Presidência da República. Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto n.º 5.626, de 22 de dezembro de 2005. Brasília. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 13 ago. 2007.

disciplina curricular obrigatória nos cursos de formação de professores para o exercício do magistério nos níveis médio e superior. Essa lei, portanto, reconhece a Libras como meio de instrução na educação de surdos.

Entretanto, embora a legislação favoreça a implementação da Libras no ambiente escolar, ainda persistem informações equivocadas que comprometem o processo ensino-aprendizagem, como podemos citar a falta de conhecimento em relação às especificidades da Língua Brasileira de Sinais e às especificidades dos alunos surdos – parte-se, em geral, do pressuposto equivocado de que os alunos surdos compreendem o texto em Língua Portuguesa da mesma forma que o fazem os alunos ouvintes. Outro exemplo diz respeito ao trabalho do intérprete educacional. Acredita-se que com a atuação dele todas as dificuldades encontradas no processo ensino-aprendizagem do surdo está resolvida. Nessa ótica, bastaria que o sistema de ensino providenciasse intérpretes para que a acessibilidade do surdo fosse contemplada. A importância das intenções e intervenções do professor, o conteúdo do discurso de sala de aula, os padrões de interação e a abordagem comunicativa em sala de aula de ensino de Ciências são evidentes na literatura (MORTIMER e SCOTT, 2002). Em contrapartida, os surdos não participam plenamente da interação e da abordagem comunicativa e, conseqüentemente, não têm acesso completo à informação. Mesmo considerando a atuação do intérprete, a falta de domínio pleno da língua portuguesa faz com que a leitura que o aluno surdo faz de um texto não seja equivalente àquela feita por um falante nativo, que compreende as nuances da língua – os implícitos, as conotações da língua falada pelo professor e pelos seus colegas ouvintes. Portanto, os alunos surdos têm dificuldades na aquisição e aprendizagem da língua portuguesa, bem como de se comunicarem com o professor, que, por sua vez, é ouvinte.

A comunicação em sala de aula só se efetivará no nível ideal se professores e alunos dominarem a mesma língua – no caso de alunos surdos, se dominarem a Libras. O uso da língua de sinais como forma de comunicação e interação dentro da sala de aula é condição indispensável para que a educação aconteça, pois, sem interações efetivas aluno-professor e aluno-alunos, o processo educativo não pode avançar. E, para que o professor domine a língua de sinais e mantenha comunicação fluente em sala de aula, é preciso tempo e dedicação (STUMPF, 2007). Muitos professores ouvintes que utilizam a língua de sinais costumam falar em língua portuguesa e sinalizar simultaneamente em Libras. Isso acontece por causa das diferentes modalidades entre as línguas envolvidas, o que não é possível entre duas línguas orais. Essa não é uma atitude aceitável, porque as estruturas gramaticais da Libras e do português são diferentes. A língua de sinais não representa a sinalização correspondente da língua oral. O ouvinte que fala e sinaliza ao mesmo tempo irá priorizar a sua língua materna em detrimento da segunda língua, que no caso dos ouvintes é a língua de sinais, o que certamente trará dificuldades para a compreensão da informação pelos surdos. E, no caso do ensino-aprendizagem de Ciências, há, ainda, a questão de conceitos específicos não-contemplados na Libras, o que justifica um projeto desenvolvido na Universidade de Brasília do qual a pesquisa aqui descrita faz parte⁵.

Devido à falta de comunicação efetiva em sala de aula, estudantes surdos apresentam dificuldades para compreender conceitos científicos e para construir relações cognitivas, diretamente relacionadas à capacidade de organizar idéias e pensamentos a partir de uma língua nas interações sociais. Para Vygotsky, os

⁵ Projeto 'Português como segunda língua na educação científica de surdos' financiado pelo Ministério da Educação (MEC/CAPES/PROESP, processo nº 1523/2003), descrito em Salles *et al.* (2006).

processos mentais superiores (pensamento, linguagem, comportamento coletivo) têm origem em processos sociais. O desenvolvimento cognitivo do ser humano não pode ser entendido sem referência ao meio social. Para ele, o desenvolvimento cognitivo é a conversão de relações sociais em funções mentais (MOREIRA, 1999). É na socialização que se dá o desenvolvimento dos processos mentais superiores (DRISCOLL, 1995 *apud* MOREIRA, 1999).

Vygotsky (1998) recusou-se a buscar explicações dos processos mentais superiores nas profundezas do cérebro ou nas características etéreas de uma alma separada do corpo físico, convencido da correção da concepção marxista de que o essencialmente humano é constituído por relações sociais (Marx, 1845 *apud* Mol, 1996). A atividade mental é exclusivamente humana e é o resultado da aprendizagem social, da interiorização da cultura e das relações sociais.

Ao estudar os processos mentais, Vygotsky levava em consideração tanto a evolução social e cultural como o desenvolvimento ontogenético do indivíduo. Desde o nascimento as crianças interagem com adultos que as socializam em sua cultura, seu repertório de significados, sua linguagem, suas convenções e suas maneiras de fazer as coisas. As crianças, de acordo com Vygotsky, utilizam processos mentais de ordem inferior, como atenção elementar, a percepção e a memória, em uma linha de desenvolvimento “natural”. Por meio da interação constante com os pais, com outros adultos da família, com outras crianças e adultos, os processos inferiores são radicalmente transformados em processos mentais superiores. O mesmo ocorre com adolescentes e adultos, que geralmente não vivem isolados, mas interagem com crianças, outros adolescentes e adultos. Para Vygotsky, esta interação é fundamental para o desenvolvimento cognitivo e lingüístico de qualquer indivíduo e enfoca que na interação social, sua unidade de

análise não é nem o indivíduo nem o contexto; mas a interação com eles. Dessa forma, a interação social é o veículo fundamental para a transmissão dinâmica (de inter para intrapessoal) do conhecimento social, histórico e culturalmente construído. E enquanto os ouvintes desde o nascimento interagem com os adultos no núcleo familiar, a interação social para o surdo será viabilizada somente na escola com seus pares e professores que utilizem a Língua de Sinais. Nesse sentido o surdo ingressa na escola com um prejuízo significativo no seu processo educacional.

Para inserção do surdo no mundo científico, é preciso que a escola possibilite a criação de espaços para a fala do aluno em Libras – oportunidade para o aluno expor suas idéias, para se tornar apto a utilizar a linguagem científica, em uma perspectiva de evolução da compreensão conceitual. Dessa forma, o surdo poderá participar efetivamente das aulas, interagindo, questionando e se expressando por meio da Libras.

De acordo com Carvalho (2004), que recorre a outros autores, a linguagem das Ciências é uma linguagem com identidade própria, resultante da construção e validação sociais, e uma das funções da escola é justamente fazer com que os alunos sejam introduzidos ao mundo dessa nova linguagem. Apreciando sua importância para dar novo sentido ao que acontece ao seu redor, os alunos entram em um mundo que, simbólico, representa o mundo real.

A despeito de concepções correntes contrárias, o estudante surdo tem o mesmo potencial para desenvolvimento acadêmico de um ouvinte. O surdo tem o direito de aprender os conhecimentos científicos trabalhados na escola e, se ele puder se comunicar e se expressar em sua língua, não haverá distinção de efetiva aprendizagem em relação à dos ouvintes.

1.3 - O Papel do Professor na Construção dos Conhecimentos Científicos

A dificuldade de comunicação-interação entre o surdo e seus colegas ouvintes e entre o surdo e seus professores interfere sobremaneira no processo de assimilação e internalização de conceitos científicos. Enquanto os alunos ouvintes, desde o nascimento, interagem com os adultos no núcleo familiar e fora dele, a interação social, para o surdo, geralmente se concretiza efetivamente na escola, com seus pares e professores que utilizem a língua de sinais. Nesse sentido, há que se concluir que o surdo ingressa na escola com um prejuízo significativo no seu processo educacional.

[...] aprender ciências, portanto, envolve ser iniciado nas idéias e práticas da comunidade científica e tornar essas idéias e práticas significativas no nível individual. O papel do professor de ciências, mais do que organizar o processo pelo qual os indivíduos geram significados sobre o mundo natural, é o de atuar como mediador entre o conhecimento científico e os aprendizes, ajudando-os a conferir sentido pessoal à maneira como as asserções do conhecimento são geradas e validadas. (DRIVER *et al.*, 1999, p.33).

No que se refere ao processo ensino-aprendizagem, a crítica, cerne da epistemologia, só será desenvolvida nos alunos se lhes forem proporcionadas oportunidades para testar, questionar, argumentar. Nesse processo, o professor tem papel fundamental, pois irá proporcionar momentos adequados para exercitar a argumentação. Refletir epistemologicamente significa exercer um olhar crítico sobre o conhecimento, compreender e conscientizar-se sobre o conhecimento. E o professor, de posse de uma visão crítica, terá melhores condições para avaliar sobre o ensino-aprendizagem, de discernir entre um ensino mais adequado e um menos

adequado (RAMOS, 2000). Não se concebe mais a idéia de professor como transmissor de conteúdos prontos, acabados; o aluno, assim, aprende os conceitos trabalhados pelo professor, participando do processo de construção, com oportunidade de argumentar e exercitar a razão. Nessa perspectiva, tem-se como objetivo buscar uma pedagogia de ensino de Ciências apropriada à comunidade surda, na qual o professor seja aquele que proporciona momentos para interação comunicativa e encoraja o aluno a refletir sobre o conhecimento científico.

Nesse sentido, quanto mais o professor inserir o aprendiz na situação em que se enquadra a atividade proposta, quanto mais “insumos”, isto é, contextos lingüísticos e situações extralingüísticas, forem ao aprendiz apresentados, melhor será o resultado (SALLES *et al.* 2002, p. 18).

Entretanto, há uma carência de professores de ensino de Ciências fluentes em Libras e professores-intérpretes habilitados na área de Ciências, o que, por sua vez, se relaciona às restrições relativas ao acesso ao conhecimento em sua totalidade. O papel instrumental legalmente atribuído ao professor-intérprete pela lei, identificado no Art. 21 do Decreto N.º 5.626, de 22 de dezembro de 2005, merece análise acurada, no que tange ao ensino-aprendizagem de conceitos escolares de Ciências. Como ele poderá ser fiel à interpretação ou tradução do conteúdo, se não apresentar domínio do tema a ser interpretado ou traduzido?

Nesse contexto, cabe refletir sobre as oportunidades de formação inicial e continuada do professor, com exigências inclusivas, considerada a diversidade inerente à clientela escolar e as diferenças presentes nos seres humanos que a constituem. De modo geral, o professor de Ciências não tem fontes bibliográficas que tratem especificamente do ensino de Ciências para alunos surdos, mesmo porque, como já destacado, referências adequadas não existem. Tanto na formação

inicial quanto na continuada, faltam opções de disciplinas ou de eventos voltados para a especificidade dessa clientela escolar, tradicionalmente excluída, razão das políticas públicas atuais de inclusão.

Neto *et al.* (2005) ressaltam que uma vasta literatura difundiu-se pelo país, nos anos 1990, resgatando o papel do professor e a necessidade de sua formação continuada, em contextos que buscassem integrar teoria e prática, ensino e pesquisa, bem como a ação-reflexão-ação em sua atuação pedagógica. Desse ângulo, há que se considerar, também, portanto, a atuação do professor diante de alunos surdos.

Nesse contexto, cabe, também, sempre refletir sobre as oportunidades de formação continuada do professor, com exigências inclusivas acrescentadas às já complexas tarefas delegadas a ele, no cotidiano escolar. No entender de Lima (1996),

se queremos mudar a escola, temos que mudar os sujeitos dela. Muito se tem falado em estratégias de ensino para atingir o aluno e promover um ensino significativo, mas as práticas adotadas nos tradicionais 'cursos de capacitação' não têm levado em consideração a complexidade do trabalho do professor. Muitos desses cursos se restringem às metodologias de ensino, sem garantir um espaço permanente de produção e reflexão sobre o fazer escolar (p.17).

Blanco (2005) ressalta que para se formem docentes que sejam “inclusivos e também capazes de educar na e para a diversidade, é necessário que se produzam mudanças importantes em sua própria formação”. Blanco (2005) destaca, ainda, que a “educação inclusiva implica uma visão diferente da educação comum”, visão esta que esteja fundada na diversidade, não na homogeneidade. Nessa ótica, cada aluno é considerado no que tem de

necessidades educacionais e características próprias, frutos de sua procedência social e cultural e de suas condições pessoais com relação a motivações, competências e interesses, fatores que são intermediários nos processos de aprendizagem, fazendo com que cada caso seja único e não repetível. As diferenças são uma condição inerente ao ser humano e, portanto, a diversidade está dentro do 'normal'. (BLANCO, 2005, p. 175).

Pode-se ver que a educação de surdos no Brasil requer grande mudança estrutural. Para isso, é indispensável a presença de profissionais surdos nas escolas. Desde o Congresso de Milão em 1880⁶, ouvintes decidem sobre a educação de surdos. É preciso que os surdos opinem sobre o seu processo educacional. Com a participação ativa dos surdos em todas as instâncias educacionais, poderemos falar em uma verdadeira inclusão.

Se há o que reconstruir, não é o surdo, mas sim, o projeto educacional destinado a ele. E, nesse sentido, apenas os integrantes dessa comunidade, como surdos, podem contribuir, de modo efetivo, para a educação das crianças surdas. Ignorar sua competência, neste momento de nossa história, passou a ser encobrir uma evidência. A adoção de uma filosofia educacional, consistente, que dê conta de um projeto educacional para surdos, não pode ignorar a interlocução constante. Não há apenas surdos a ensinar, mas ouvintes e surdos a aprender como educar surdos. Os últimos 100 anos de educação de surdos no Brasil, foram mais do que suficientes para aprendermos como não educar surdos e, também, como não formar educadores de surdos. (FERNANDES, 2003, p. 55, sic).

Em uma efetiva educação bilíngüe, o aluno surdo terá pleno acesso aos conteúdos e a uma educação de qualidade; a língua de sinais será utilizada para aprendizagem dos conteúdos e a língua portuguesa, em sua forma escrita como segunda língua, será importante para o acesso as informações e para a inclusão social do aluno.

⁶ No Congresso de Milão de 1880, sem ouvir os surdos, obviamente os maiores interessados, considerou-se que a forma mais adequada de ensino-aprendizagem de surdos seria a de utilizar unicamente o oralismo ("método oral puro"), banindo-se o uso de línguas de sinais. (SABANA, 2006).

1.4 - O Papel do Conteúdo

Desde as últimas décadas do século XX, têm sido propostas modificações nos objetivos da educação científica, que afetam o entendimento do próprio conceito de conteúdo e acrescentam-lhe novas dimensões. A dimensão conceitual e a influência das mudanças culturais de nossa sociedade dão importância à atual revisão da própria concepção do que seja o ensino de Ciências. Na abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), não se pode conceber o ensino de Ciências sem as discussões sobre os aspectos tecnológicos e sociais, contextualizados e contextualizadores. No que se refere à dimensão processual, não se aceita mais “transmitir conteúdos prontos”, mas, sim, a construção de conceitos científicos escolares culturalmente situados. Os trabalhos em História, Filosofia e Epistemologia das Ciências influenciaram muitos organizadores de currículo sobre o que ensinar. O ensino volta-se para a dimensão relacionada com a tomada de decisões fundamentadas e críticas sobre o desenvolvimento científico e tecnológico das sociedades. Trata-se da discussão sobre os valores associados ao próprio conteúdo. Logicamente, a mudança no conceito do conteúdo exige modificações no desenvolvimento desse conteúdo em sala de aula (CARVALHO, 2004).

Em consequência desse processo educacional inadequado, alunos surdos são privados das potencialidades de desenvolvimento acadêmico e social que as dimensões do conteúdo podem lhe oferecer. De acordo com Santos (2006), para se desenvolver o letramento científico e tecnológico com função social, exige-

se leitura e compreensão de textos de natureza científica; expressão de opiniões a respeito de conhecimentos científicos; preocupação com problemas típicos da ciência contemporânea; participação em tomadas de decisões; compreensão da influência mútua Ciência-Tecnologia-Sociedade. Esses fatores não fazem parte da vivência da grande maioria da pequena, mas representativa, comunidade surda brasileira.

Para os surdos, às dificuldades encontradas por quaisquer outros estudantes em sala de aula de ensino de Ciências somam-se as de caráter específico, como a carência de terminologia conceitual especializada em Libras, na área de Ciências. Sem dúvida, esse fato interfere sobremaneira na construção de conceitos científicos.

A ausência de sinais para expressar um determinado conceito em Libras prejudica a compreensão de todo o conteúdo ministrado. Entretanto, deve-se levar em consideração o fato de que somente após a compreensão significativa de um conceito pelos alunos surdos, o sinal correspondente poderá ser criado e incorporado à língua de sinais. Embora o professor de Ciências seja conhecedor dos conceitos científicos envolvidos em aulas de Ciências e possa propor sinais específicos, em conjunto com especialistas em Libras, cabe à comunidade surda validar o uso de sinais correspondentes. E essa comunidade somente sentirá necessidade de expressar o conhecimento científico após a apropriação desses conceitos em língua de sinais, quando por meio da língua de sinais seja possível, de fato, discutir o conhecimento e os avanços tecnológicos e científicos. Para tanto, reforça-se a importância do uso de estratégias comunicativas em sala de aula de ensino de Ciências a estudantes surdos.

1.5 - A Metodologia

Poucas oportunidades para superar as dificuldades dos surdos têm sido oferecidas nas escolas. Os egressos do Ensino Fundamental, ainda sem domínio pleno da língua portuguesa – em sua maioria em um nível intermediário de aprendizagem de segunda língua –, vivenciam os reflexos dessa limitação no aprendizado de conteúdos de Ciências. Sem uma metodologia específica de ensino, o surdo não apresentará resultados mais satisfatórios na aprendizagem de conceitos científicos do que os percebidos, o que pressupõe linguagem e estratégias adequadas, em geral ausentes na formação inicial de professores de Ciências.

É preciso compreender que o surdo tem direito a uma metodologia apropriada de ensino, apropriada, portanto, às suas necessidades lingüísticas. Estudos (SALLES *et al.*, 2002) apontam que a metodologia de ensino de segunda língua é a mais adequada para o ensino de alunos surdos. A metodologia de ensino de segunda língua é uma metodologia diferenciada daquela de ensino de língua materna, separando-se, conforme Faria (2001) uma metodologia de ensino para a língua oral e uma metodologia de ensino para a língua escrita. Neste trabalho acredita-se que o enfoque a ser priorizado no ensino de Ciências é o de ensino da língua portuguesa com metodologia de ensino de segunda língua na modalidade escrita.

1.6 – Os Recursos Didáticos, Técnicas e Estratégias de Ensino

No ensino de Ciências para surdos, é preciso que se considere a necessária adaptação das atividades desenvolvidas à situação de não-oralidade, enfatizando-se a utilização da linguagem científica em diversos contextos, o que pressupõe a criação de espaços para a fala do aluno em Libras, lembrando que a língua de sinais traduz a experiência visual do surdo e a comunicação desse aluno se estabelece pelo contato visual. Grannier (2005, p. 6), pesquisadora do ensino de português como segunda língua, esclarece que “ver a palavra escrita em uso é, para o surdo, o primeiro passo no caminho do conhecimento dessa palavra em português”.

É necessário reconhecer que ensinar envolve vários modos de comunicação. Em Ciências, é comum usarem-se palavras faladas e escritas; representações visuais – imagens, diagramas, tabelas, modelos concretos e gráficos, movimento e animação em modelos físicos; trabalhos práticos (que incluem tocar, sentir, cheirar e ouvir); e símbolos matemáticos e equações. Há que se ter a consciência de que esses diferentes modos de comunicação servirão para diferentes alunos. Alguns deles funcionarão melhor para alguns alunos e, para outros, não. É necessário ter a habilidade de transitar entre modos de comunicação quando se conduz um processo ensino-aprendizagem (WELLINGTON e OSBORN, 2001).

Para tanto, há que se considerar a necessidade de se adaptarem os materiais de ensino, técnicas e recursos didáticos à realidade dos surdos, ressaltando-se que os surdos, por se comunicarem por meio de um canal

visuoespacial, representado pelas línguas de sinais, diferentemente dos ouvintes, tem o acesso à informação pela visão.

O aluno surdo requer especial atenção no uso de recursos visuais a serem aplicados no seu processo de ensino-aprendizagem. Encontra-se um número significativo de materiais didáticos voltados para a aprendizagem do português a surdos, como por exemplo, DVDs, CDs, literatura infantil, dicionários, softwares, jogos pedagógicos, etc. No entanto, não há uma representatividade de recursos didáticos na área de ensino de Ciências. Em virtude desse cenário, existe um forte apelo da comunidade surda à produção de instrumentos didático-pedagógicos e tecnológicos apropriados para a construção de conceitos científicos adaptados à situação de não-oralidade em sala de aula.

No que diz respeito às técnicas e estratégias de ensino, o professor ao planejar sua aula deve utilizar diferentes estratégias a fim de motivar seus alunos. Entretanto, deve se preocupar em selecionar técnicas apropriadas a sua clientela. A pesquisa bibliográfica desenvolve a capacidade de buscar informações e coloca o aluno em contato com diferentes abordagens sobre um determinado tema. O trabalho em grupo favorece a socialização e desenvolve habilidades para o trabalho coletivo. Numa sala inclusiva, o professor deve estar atento para que os estudantes ouvintes não subestimem o colega surdo, designando tarefas que não promovam seu aprendizado sobre o assunto discutido. Muitas vezes o surdo não participa das discussões em grupo e os colegas ouvintes lhe determinam tarefas como passar a limpo o trabalho, desenhar uma figura, elaborar um cartaz, dentre outros. Na apresentação de trabalhos como seminários, debates, o aluno surdo poderá apresentar seu trabalho em Libras; a escola não deve privar-lhe dessa oportunidade,

pois a língua de sinais é a língua em que se sente à vontade para se expressar, argumentar e discutir os conteúdos.

No caso da realização de palestra, painel ou mesa redonda, a preocupação deve recair na acessibilidade da informação; haverá intérpretes de Libras? A escola já dispõe desse profissional? (o intérprete garante o acesso a informação e a participação dos surdos) A iluminação do local é adequada? (uma sala escura ou se o palestrante utiliza alguma dinâmica com a luz desligada, compromete a comunicação em Libras) O palestrante utilizará algum recurso não acessível ao surdo, como fantoches, trechos de filmes não legendados, recursos sonoros, dentre outros? Todas essas questões envolvem aspectos que fazem parte do dia-a-dia de uma escola, mas que repercutem impasses na vida escolar dos surdos.

Em geral, os alunos surdos encontram facilidade na execução de atividades que desenvolvem a capacidade e expressão artística, como painéis, murais, quadros, exposições, maquetes, cartaz porque estas combinam bem com sua habilidade visual. Na seção seguinte comentam-se aspectos relevantes dessa habilidade.

No campo de ensino de Ciências, também falta de clareza, por parte do professor, sobre o papel da experimentação na aprendizagem dos alunos, identificando-se a predominância de visões simplistas sobre o papel da experimentação, tanto quanto a percepção equivocada da relação teoria-prática. Esta é concebida e tratada ingenuamente, como refletido na idéia de que “a prática comprova a teoria ou vice-versa” (SILVA e ZANON, 2000). Do ponto de vista da educação de surdos, a experimentação, quando bem orientada, é um excelente

recurso a ser explorado pelo professor, podendo o aluno visualizar, manipular e verificar a consistência das informações e inferências trabalhadas em sala de aula.

1.7- A Modalidade Visual e o Processo de Aprendizagem

Uma variedade de trabalhos tem sugerido que os surdos apresentam melhores habilidades visuais em relação aos ouvintes por causa da sua dependência da modalidade visual (MYKLEBUST, 1964, THARPE, ASHMEAD e ROTHPLETZ, 2002). Pesquisadores da educação freqüentemente citam a dependência de alunos surdos da modalidade visual e encorajam o uso de materiais e recursos visuais em sala de aula (LIVINGSTON, 1997, MARSCHARK *et al.*, 2002).

Os surdos teriam maior acuidade visual periférica como uma conseqüência da necessidade de se ocupar com os sinais visuais (inclusive os lingüísticos) que ocorrem fora do campo visual central. Neville e Lawson (1987) foram os primeiros a demonstrar vantagens dos surdos em relação aos ouvintes. Este melhoramento da visão periférica entre os surdos, que são sinalizadores nativos, aparentemente está sustentada no investimento de maiores recursos visuais ou a uma capacidade que foi desenvolvida dadas mudanças na organização neural durante o seu desenvolvimento. Existe uma competição entre vias neuronais visuais e auditivas; os nervos visuais se desenvolvem melhor quando ocorrem disfunções dos nervos auditivos, isso ocorre em conseqüência da ausência de estímulos nos nervos auditivos. (BAVELIER *et al.*, 2001, *apud* Marschark, 2005; NEVILLE, 1990 *apud* Marschark, 2005).

Neville (1990) constatou que os surdos têm resposta aguçada aos estímulos nos campos visuais periféricos e ainda que “a maior habilidade em utilizar estímulos visuais observada nos surdos não decorre do treino em língua de sinais, mas sim da competição entre vias neuronais, muito precoce no desenvolvimento do cérebro humano” (RODRIGUES, 1993, p. 16). Assim, Rodrigues (1993, p. 17) conclui que “a natureza compensa a perda da audição aumentando a capacidade visual do surdo”.

Esses estudos apresentam caminhos mais produtivos para aprendizagem dos surdos. A organização neural referente ao processamento cognitivo é predeterminada pela genética, porém depende de estímulos externos recebidos (NEVILLE *et al.*, 1997, *apud* ROCHA, 2008).

A compreensão de como se dá o aprendizado dos surdos a nível cognitivo e como se constitui sua percepção visual são aspectos que devem ser considerados na elaboração e na aplicação de recursos didáticos adequados ao processo ensino-aprendizagem de estudantes surdos.

1.8 - Novas Perspectivas Pedagógicas

Com base na modalidade visual surge um novo paradigma denominado pedagogia visual, o qual reconhece o surdo não como um deficiente que precisa de auxílio para atingir a normalidade ditada pelos ouvintes, mas que aceita sua diferença dentro da diversidade coletiva. Sendo assim, as modalidades tradicionais de educação de surdos que trabalham com o modelo ouvinte são abandonadas e

entra-se na modalidade da diferença, a qual se preocupa em oferecer aos surdos condições que atendam a sua diferença, ou seja, adequadas as suas especificidades pedagógicas. A modalidade da 'diferença' surge no momento que os surdos atingem sua identidade, através do reconhecimento da sua diferença cultural. Neste espaço não mais há a sujeição ao que é do ouvinte, não ocorre mais a hibridação, ocorre a aprendizagem nativa própria do surdo (PERLIN e STROBEL, 2006).

Não é comum encontrar produções teórico-metodológicas relacionadas à pedagogia visual, mesmo reconhecendo-se que a língua de sinais se apóie na imagem visual. Sendo assim, a pedagogia visual constitui-se um novo campo de estudos, ainda restrita a poucos que aborda o uso da "imagem visual, semiótica imagética ou também o uso da língua de sinais na sua aquisição, compreensão e captação do pensamento através da imagem visual" (CAMPELLO, 2007, p. 114).

Dionísio (2006), pesquisadora da Universidade Federal de Pernambuco, pontua algumas reflexões metodológicas a respeito de gêneros multimodais – representação verbal e pictorial da informação - e multiletramento – refere-se a diferentes letramentos, como letramento científico, letramento visual etc. - das quais de acordo com a Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, "os alunos aprendem melhor através de palavras e imagens que de palavras apenas" (MAYER, 2001, p.184, *apud* KARWOSKI *et al.*, 2006, p. 141). A combinação da informação verbal e visual conduz ao melhor aprendizado e maior retenção do conteúdo do que em cada modalidade isolada.

Cada vez mais se observa a combinação de material visual com a escrita; vivemos, sem dúvida, numa sociedade cada vez mais visual. Representação e imagens não são meramente formas de expressão para divulgação de informação, ou representações naturais, mas são, acima de tudo, textos especialmente construídos que revelam

as nossas relações com a sociedade e com o que a sociedade representa (KARWOSKI *et al.*, 2006, p. 131).

Dessa maneira, a utilização de linguagem visual e escrita combinadas em materiais didáticos irão privilegiar tanto o aprendizado de alunos ouvintes quanto de surdos. E ainda, Marschark (2005) demonstra que para a aprendizagem há vantagens na redundância verbal e visual da informação direcionada simultaneamente em diferentes modalidades.

Para tornar possível a efetiva aprendizagem de conceitos científicos por estudantes surdos, percebe-se que as proposições apresentadas neste capítulo ressaltam pressupostos necessários para reorientação do ensino de Ciências, a saber: a) a língua de sinais deve ser o meio de instrução na escola; b) o professor é o mediador do conhecimento, portanto, não deve oferecer respostas prontas, mas exercitar a argumentação em sala de aula; c) o conteúdo, conhecimento científico oferecido em sua totalidade; d) a metodologia bilíngüe, Libras como primeira língua e o Português em sua modalidade escrita com metodologia de ensino de segunda língua; e) os recursos didáticos, bilíngües e visuais (apropriados as especificidades lingüísticas e as habilidades visuais dos surdos). Todos esses aspectos convergem para Pedagogia visual que confere status a especificidade pedagógica de que os surdos necessitam, privilegiando-o enquanto ser dotado de uma cultura própria. Toda essa reflexão instiga a inserção de uma nova frente de pesquisa voltada para o ensino de Ciências e educação de surdos.

2 - UMA PROPOSTA PARA INTERVENÇÃO EM SALA DE AULA

Conhecendo o cenário atual da educação científica de estudantes surdos, neste capítulo discorre-se sobre um recurso didático capaz de dar suporte a professores e alunos surdos na construção de conceitos científicos, com vistas a reduzir as dificuldades encontradas por esses alunos.

Para desenvolver tal objetivo, propõe-se o uso de modelos qualitativos. Modelos são representação das propriedades do mundo que dão suporte ao raciocínio, mas que utilizam poucas informações; expressam relações de causa e efeito e, assim, contribuem para aumentar a compreensão de fenômenos.

2.1- Raciocínio Qualitativo

As técnicas utilizadas para construção de modelos qualitativos adotadas no desenvolvimento desta pesquisa são oriundas de uma área da Inteligência Artificial conhecida por Raciocínio Qualitativo (RQ). O objetivo dessa área de investigação é dar apoio ao raciocínio sem fazer uso de dados numéricos. O aspecto mais estudado é a predição do comportamento de sistemas físicos, com base na representação da estrutura dos sistemas modelados. RQ ainda oferece vocabulário conciso para modelagem das representações qualitativas, descrição de objetos, situações, relações, mecanismos de mudança (WELD e de KLEER, 1990).

Com efeito, técnicas desenvolvidas em raciocínio qualitativo permitem construir modelos fáceis de entender, operar e modificar, que produzem resultados compreensíveis tanto para especialistas como para não-especialistas (SALLES e BREDEWEG, 2005). Trata-se de modelos que abordam um conjunto de conceitos relevantes. Esses modelos aumentam o entendimento de sistemas complexos, elemento fundamental para aprendizagem. A partir do entendimento de um sistema, objetivos educacionais de maior carga cognitiva podem ser atingidos. Por exemplo, aplicações em diferentes contextos de conhecimentos adquiridos; análise de problemas; teste de hipóteses alternativas ou contraditórias; formulação de idéias e construção de argumentos; e avaliação de propostas com base na análise das conseqüências de possíveis decisões. Certamente, modelagem e uso de modelos que permitem aumentar a compreensão de sistemas complexos também facilitam a busca de meios para solucionar problemas e, dessa forma, tornam mais bem informados processos de tomada de decisão (SALLES e BREDEWEG, 2005).

Modelos que tem como objetivo principal aumentar a compreensão da estrutura e do comportamento do sistema que está sendo modelado são denominados modelos conceituais (GRIMM, 1994). Modelos qualitativos relacionam-se aos mapas conceituais propostos por Novak e Gowin (SALLES e BREDEWEG, 2005). De modo geral, mapas conceituais são diagramas que indicam relações entre conceitos, ou entre palavras que usamos para representar conceitos, no contexto de um corpo de conhecimentos, de uma disciplina, de uma matéria de ensino (MOREIRA, 1988). Dessa forma, tanto modelos conceituais como mapas conceituais permitem a visualização dos principais conceitos-chave e de suas inter-relações, tornam claros conceitos complexos e de difícil compreensão, reforçam o entendimento e a aprendizagem dos alunos, verifica a aprendizagem e identifica

conceitos mal compreendidos, auxilia os professores na avaliação do processo de ensino e possibilita avaliar o alcance dos objetivos atingidos por meio da identificação dos conceitos mal entendidos e daqueles que faltam.

Nessa abordagem, modelos qualitativos representam as propriedades contínuas dos objetos que compõem um sistema e, mesmo em situações em que poucas informações estão disponíveis, é possível desenvolver raciocínio automatizado que permite a compreensão do sistema como um todo apenas com informações qualitativas, pois não usam dados numéricos.

Os conhecimentos capturados em modelos qualitativos incluem

- os objetos, denominados entidades, são os principais conceitos envolvidos no sistema;

- as quantidades, variáveis que representam propriedades dos objetos;

- os estados qualitativos, situações qualitativamente distintas em que o sistema pode ser encontrado durante certo intervalo de tempo, no qual cada quantidade tem dois valores: o da magnitude (por exemplo, zero, pequeno, médio, grande) e o da derivada (crescente, estável, decrescente). Por exemplo, uma quantidade pode estar em determinado momento no estado qualitativo <pequeno, crescendo>;

- o comportamento do sistema, que se traduz nas mudanças que o sistema apresenta ao longo do tempo e

- as relações de dependência, que representam as relações de causalidade entre quantidades.

Na seção seguinte discute-se como modelos qualitativos podem auxiliar a educação científica.

2.2 – Modelos Qualitativos e Educação de Surdos

Com base na reflexão apresentada no capítulo 1, para se introduzir modelos qualitativos em sala de aula de estudantes surdos, três condições devem ser observadas: (a) a educação bilíngüe, sendo a língua brasileira de sinais (Libras) a primeira língua dos surdos e o Português sua segunda língua; portanto, devem coexistir a Libras e o Português como línguas de instrução em salas de aula nas quais existem alunos surdos e ouvintes; (b) o vocabulário científico em Libras. Atualmente a Libras não dispõe desse vocabulário; sendo assim, o mesmo tem de ser criado; (c) a pedagogia visual; dado o comprometimento auditivo, que é cognitivamente compensado por meio de uma capacidade visual desenvolvida, uma pedagogia orientada para a habilidade visual é a mais adequada.

Modelos baseados em raciocínio qualitativo estão em conformidade com essas proposições, pois apresentam potencial pedagógico para adoção de uma abordagem bilíngüe que favoreça a aquisição de conceitos científicos, a melhoria das competências lingüísticas e o desenvolvimento de raciocínio inferencial que possibilitem a criação de sinais em Libras para composição de vocabulário científico, e ainda possuem uma interface gráfica adequada para a pedagogia visual proposta para educação de surdos.

Diante disso, o desenvolvimento de ferramentas para modelagem, de metodologias para a construção de modelos e a inclusão dessas atividades nos currículos escolares e de cursos de treinamento representam possíveis soluções para a construção do conhecimento em sala de aula. Nesse sentido, o uso de modelos qualitativos na educação científica de surdos vem sendo investigado e os

resultados obtidos até o momento demonstram que a abordagem qualitativa contribui para o aprendizado dos alunos (SALLES *et al.* 2004; 2005).

2.3 – A Teoria da Relevância

Fazer inferências e utilizar o raciocínio hipotético-dedutivo é fundamental para compreender como são formados os conceitos científicos, mas existem poucas atividades escolares formais especialmente destinadas a desenvolver essa capacidade nos alunos, surdos e ouvintes. Nesse sentido, o uso de modelos qualitativos na educação científica de surdos foi objeto de investigação em Salles *et al.* (2004 e 2005).

Salles *et al.* (2004) relatam experiência realizada com oito estudantes surdos que são expostos a três modelos qualitativos organizados gradualmente em níveis de complexidade. Os resultados mostram que os alunos foram bem consistentes na habilidade de reconhecer objetos e processos, construir cadeias causais e aplicá-las em determinadas situações e escrever uma redação sobre um acidente ecológico, usando linguagem pertinente aos processos físicos e sociais. Esses resultados confirmam a importância das representações espaciais e em forma de diagramas utilizadas nos modelos, fatores muito atrativos para alunos surdos, devido às suas habilidades visuais.

Dando continuidade às pesquisas nesse campo, a noção de relevância é explorada em Salles *et al.* (2007a). Os autores investigam a expressão do raciocínio

inferencial em textos produzidos na interlíngua⁷ dos surdos. Esses dados foram coletados em experimento realizado com nove surdos fluentes em Libras, aprendizes de Português como segunda língua, estudantes de ensino médio em escola da rede pública de ensino do Distrito Federal, publicado em Salles *et al.* (2005). O objetivo desse experimento foi investigar e testar a utilização de modelos qualitativos no ensino de conceitos científicos, em especial, explorar a representação de causalidade expressa nesses modelos.

A análise foi formulada em termos da noção de relevância proposta por Sperber e Wilson (1995), que consideram informação relevante a informação que modifica e melhora a representação global do mundo. A modificação é obtida por meio do acionamento do dispositivo dedutivo humano, que leva em consideração propriedades semânticas que estão refletidas sob a forma de pressupostos; se a informação é relevante, o dispositivo dedutivo humano gera somente conclusões não-triviais, enquanto nas conclusões triviais o conteúdo dos pressupostos não é afetado, exceto pela adição de informação arbitrária. Os resultados desse experimento mostraram que os alunos reduziram o número de conclusões triviais e fizeram textos mais elaborados, melhorando o desempenho na construção de textos escritos em português.

O estudo de Salles *et al.* (2007a) apresenta aporte teórico para a discussão das questões lingüísticas examinadas nos textos coletados no estudo de Salles *et al.* (2005). Foram adotados dois parâmetros; um em termos da noção de relevância e outro em termos de complexidade textual.

⁷ Um texto escrito em interlíngua equivale a um texto cuja estrutura lingüística das orações, no caso do surdo brasileiro, mescla a estrutura da língua portuguesa com a da Libras (FARIA, 2001, p. iii).

De acordo com a teoria da relevância, os enunciados produzidos no contexto de fala são interpretados sob a perspectiva da relevância da informação, observadas as máximas conversacionais: a qualidade (verdade), a quantidade (informatividade), a relação (relevância) e o modo (clareza). Conforme essa abordagem, a informação relevante resulta de um conjunto de pressupostos factuais (representações armazenadas na memória). Um pressuposto constitui um conjunto de conceitos ao qual se aplicam regras dedutivas e o dispositivo dedutivo se baseia nas propriedades semânticas apreendidas de pressupostos, ampliando a representação do mundo. Esse dispositivo dedutivo deve computar o conjunto completo de conclusões não-triviais porque todas as regras dedutivas inerentes à entrada lógica dos conceitos relativos a dado pressuposto são acessadas e avaliadas, enquanto conclusões triviais não são computáveis como parte do input lógico do conceito relevante.

Dessa forma, as conclusões triviais encontradas nas produções escritas não modificam as representações do mundo, enquanto as conclusões não-triviais modificam essas representações. Nesse estudo acrescenta-se a incidência relativa entre a quantidade de conclusões triviais e a quantidade de conclusões não-triviais. Conclui-se que o uso de modelos qualitativos no processo educativo modifica a representação do mundo; por meio do raciocínio inferencial o aluno surdo compreende o significado da informação, assimila o conceito e produz enunciados relevantes (efeito cognitivo).

Do ponto de vista da complexidade textual, os enunciados lingüísticos apresentam maior complexidade em termos de recursividade morfossintática. Nos textos analisados observou-se produção mais elaborada expressa na relação de causalidade e pertinência em que mais de dois elementos são envolvidos; a

contingência por meio de advérbios que marcam a seqüência temporal de eventos, conjunções de valor temporal ou pela apresentação seqüencial de eventos; nexos semântico de causalidade determinado por implicatura, uso de intercalações, aspectos coesivos não convergentes e formas verbais flexionadas.

Os resultados obtidos confirmam que existe grande heterogeneidade nos níveis de interlíngua, embora os estudantes surdos estejam no mesmo grau de escolaridade. Os autores recorrem a opcionalidade (SORACE, 1999, 2003 *apud* SALLES *et al.*, 2007a), ou seja, ao estado de competência gramatical que consiste na variação entre formas lingüísticas em função do processo de aquisição. Outra hipótese é a variação paramétrica (CHOMSKY, 1995 *apud* SALLES *et al.*, 2007a), segundo a qual, devido à inacessibilidade ao léxico funcional, aprendizes adultos de segunda língua não adquirem categorias funcionais que não são encontradas em sua língua materna. A respeito da heterogeneidade acrescenta-se ainda a situação de opcionalidade residual ou de propriedades que resistem à reestruturação (SALLES *et al.*, 2007a).

Considera-se que as observações descritas em relação ao parâmetro de complexidade textual e morfossintática de enunciados lingüísticos não apresentam evidências conclusivas para avaliação do uso de modelos qualitativos como ferramenta educacional.

Nesse contexto, os resultados encontrados no estudo de Salles *et al.* (2007a) confirmam aqueles obtidos no experimento descrito em Salles *et al.* (2005), que mostraram que estudantes surdos, com o apoio de modelos qualitativos, produziram informações relevantes fazendo uso do raciocínio inferencial em produções lingüísticas. Pode-se assim estabelecer a correlação entre o uso de modelos qualitativos e a capacidade de raciocinar por inferências.

2.4 - A formação de Conceitos

A aprendizagem de conceitos científicos em sala de aula constitui fator de grande importância para pesquisa em educação em ciências e que sem dúvida, merece destaque no contexto deste trabalho.

A linguagem das ciências é uma linguagem própria, construída e validada socialmente e, como já dito, a aprendizagem de conceitos constitui elemento fundamental na educação em ciências.

“Os conceitos são os instrumentos de assimilação, através dos quais interpretamos e interagimos com as realidades que nos cercam. Em outras palavras, os conceitos são ferramentas que utilizamos para pensar o mundo e a nós mesmos, para agir no mundo e interagir com os outros.” (AGUIAR JR. *et al.*, p. 3, 2005)

Vygotsky faz uma importante distinção entre os conhecimentos construídos na experiência pessoal e aqueles elaborados em sala de aula. Os primeiros são espontâneos, referem-se àqueles conceitos construídos a partir da observação, manipulação e vivência direta da criança, o segundo são os científicos, adquiridos por meio do ensino sistemático. Apesar de diferentes, os dois tipos de conceitos estão intimamente relacionados e se influenciam mutuamente, pois fazem parte, na verdade de um único processo: o desenvolvimento da formação de conceitos (MOLL, 1996). No caso de alunos surdos, muitos deles não tiveram oportunidades para desenvolver conceitos espontâneos e são prejudicados na formação de conceitos científicos em ambientes formais.

Nesse sentido, a escola é o espaço privilegiado para formação de conceitos científicos. A formação de um conceito não é fruto de um treinamento mecânico; muitos educadores concebem ensinar Ciências apresentando uma lista

de definições para serem memorizadas pelo aluno. Porém, a aquisição de conceitos é algo mais complexo, significa assimilar e fazer uso de uma nova linguagem.

Vygotsky (1998) ressalta ainda que o desenvolvimento de processos que levam a formação de conceitos inicia-se na infância, mas as funções intelectuais que constituem a base psicológica para a formação de conceitos amadurecem e se desenvolvem somente na puberdade. Portanto, se a escola de ensino médio não desafiar, exigir e estimular o intelecto do adolescente, esse processo poderá se atrasar ou mesmo não se completar, ou seja, poderá não chegar a conquistar estágios mais elevados de raciocínio. Isto quer dizer que o pensamento conceitual é uma conquista que depende não somente do esforço individual, mas principalmente do contexto em que o indivíduo se insere.

Nessa perspectiva, o aluno constrói seu conteúdo conceitual; não recebe definições prontas para serem aceitas e memorizadas, mas participa do processo de construção dessas definições, com oportunidades de argumentar e exercitar a razão, oportunidades que devem ser viabilizadas pela escola, especialmente para estudantes surdos que possuem, atualmente, poucas oportunidades de acesso ao conhecimento científico. E ao participar desse processo de construção de definições, poderá o aluno surdo construir todo um vocabulário científico na sua língua materna que favorecerá não somente a si próprio, mas a comunidade surda na qual está inserido.

2.5 – Raciocínio Qualitativo - Estudos Anteriores

RQ tem características interessantes para a educação: modelos qualitativos articulam o conhecimento sobre diferentes sistemas físicos e sociais por

meio de modelos conceituais, utilizando um vocabulário conciso restringem uma série de primitivos de modelagem que representam uma ampla classe de conceitos científicos. Além disso, explícita representação das relações causais torna possível a compreensão, a previsão e a explicação do fenômeno que está sendo representado (WELD e de KLEER, 1990).

Em 2005, concluiu-se pesquisa voltada para o estudo de caso na bacia hidrográfica do Rio Monteiro, localizado no Distrito Federal; os resultados obtidos evidenciaram o potencial dos modelos qualitativos para dar suporte à geração de explicações e previsões sobre o comportamento da qualidade da água. A construção desses modelos qualitativos contribuiu para o aprendizado, porque permitiu ao modelador expressar suas concepções e exercitar formas de pensamento, de modo a aprofundar o conhecimento do sistema e de seu comportamento (ARAÚJO, 2005). A experiência adquirida ao modelar permite ao modelador ampliar o seu conhecimento sobre o sistema modelado (ARAÚJO, SAITO e SALLES, 2005) o que reforça as evidências para o uso de modelos em sala de aula, pois modelos podem auxiliar alunos e professores na compreensão de sistemas e na aquisição de novos conhecimentos.

Em 2006 um estudo de caso sobre a bacia do Riacho Fundo em Brasília – DF foi realizado e um modelo bastante complexo foi construído, abordando diferentes aspectos sobre a utilização da bacia e grandes alterações na área, incluindo a desflorestação, a erosão, a perda de biodiversidade, a perda de recursos hídricos e a diminuição na produtividade econômica (SALLES *et al.*, 2006, 2007b). Em 2007, esse modelo foi avaliado por especialistas em hidrologia, gestores de recursos hídricos e professores de ensino médio, os resultados dos questionários aplicados, particularmente os professores consideraram o modelo muito útil para fins

educativos, e acessível para alunos do ensino médio. Os três grupos de avaliadores concordaram que modelos qualitativos têm potencial para apoiar explicações e previsões sobre o comportamento do sistema e para o desenvolvimento de competências e habilidades cognitivas (BREDEWEG *et al.*, 2007).

O trabalho de Salles, Gauche e Virmond (2004) também evidencia que modelos de raciocínio qualitativo são ferramentas poderosas para a educação. Nesse estudo construiu-se um modelo qualitativo da pilha galvânica com uma abordagem diferente dos livros didáticos, pois o foco do fenômeno baseia-se na seqüência de causalidade responsável pelo funcionamento da pilha. A descrição do processo de mudança e seus efeitos funcionam como facilitador da construção do conhecimento para os alunos e como mediadora na reconstrução do conhecimento para os educadores.

Para finalizar esta seção, retoma-se os trabalhos de Salles *et al.* (2004 e 2005), descritos neste capítulo. Esses trabalhos deixam claro alguns pontos fortes de modelos qualitativos para se tornar uma ferramenta para o ensino de alunos surdos: a interação entre conceitos, exploração de sistemas complexos em simulações, fazer previsões e gerar explicações sobre um sistema de comportamento baseado num modelo causal. E o estudo de Salles *et al.* (2007a) demonstram que a abordagem qualitativa em atividades escolares contribui para o aprendizado e para tornar os textos de alunos surdos mais complexos, ricos em recursos lingüísticos e com menor quantidade de conclusões triviais.

2.6 – Objeto de Pesquisa

O potencial de Raciocínio Qualitativo - RQ para a construção de modelos conceituais no âmbito da aprendizagem ainda não foi explorado o bastante, porém constitui um dos objetivos dessa pesquisa. Acredita-se que é possível que modelos baseados em RQ venham a contribuir efetivamente para a construção da sociedade do conhecimento (SALLES e BREDEWEG, 2005).

Diante do exposto, o presente trabalho pretende dar continuidade ao tipo de pesquisa aqui citada, com enfoque na formação de conceitos científicos. Pretende-se produzir com o apoio do Raciocínio Qualitativo, materiais didático-tecnológicos que auxiliem estudantes surdos a desenvolver o raciocínio lógico, a capacidade de argumentação, a capacidade de gerar explicações, de fazer previsões, a capacidade de produzir conclusões não triviais, baseada na noção de relevância de Sperber e Wilson (1995) e ainda desenvolver competências como: domínio da linguagem científica, a compreensão de fenômenos naturais, tomada de decisões, construção de argumentação consistente, e a elaboração de propostas de intervenção na realidade.

Conhecendo-se os resultados de trabalhos anteriores envolvendo modelos qualitativos e educação científica, optou-se pelo uso desses modelos para desenvolver recursos didático-tecnológicos voltados para estudantes surdos. Modelos qualitativos podem auxiliar o processo ensino-aprendizagem em sala de aula e facilitar a compreensão de um determinado tema ou fenômeno por estudantes e professores. Ressalta-se a representação diagramática e visual de conceitos que modelos qualitativos proporcionam e a importância do uso desses modelos no

processo ensino-aprendizagem de alunos surdos em ambientes inclusivos⁸ e/ou em salas exclusivas⁹, pois como já mencionado esses alunos requerem uma pedagogia visual adaptada à situação de não oralidade em sala de aula. Considerando que, em sua grande maioria, os conhecimentos desenvolvidos nas instituições de ensino não são trabalhados com o apoio de recursos visuais; as dificuldades do surdo em compreender fenômenos e conseqüentemente em construir relações entre o conhecimento científico e o contexto social; as dificuldades dos alunos surdos no processo de aquisição e aprendizagem de conceitos científicos; a inexistência de terminologia especializada em Libras na área de Biologia, Química, Física e Matemática e conseqüente dificuldade de interpretação pelo professor e/ou intérprete de Libras; ausência de instrumentos didático-pedagógicos e tecnológicos apropriados para a construção de conceitos científicos; falta de uma pedagogia visual acrescida da referência concreta dos conceitos científicos; acredita-se que modelos qualitativos apresentam um forte potencial para a compreensão de conceitos científicos por estudantes no ensino médio, particularmente por estudantes surdos que se sentem prejudicados com relação à apropriação do saber em relação a seus colegas ouvintes. De fato, cita Vianna (2003), que os surdos estão, hoje, em acentuada desvantagem, se compararmos à capacidade de compreensão e produção de textos escritos de alunos surdos e ouvintes da mesma idade e/ou escolaridade.

No capítulo seguinte um modelo qualitativo sobre o tema aquecimento global é modelado e descrito, com análise de implicações para o processo ensino-

⁸ Denomina-se ambientes inclusivos escolas regulares com classes especiais ou escolas regulares com classes inclusivas. Estas últimas atendem alunos surdos e ouvintes.

⁹ Classes exclusivas são classes especiais que atendem somente alunos surdos em escolas regulares ou em escolas de surdos.

aprendizagem de Ciências no ensino médio. Esse modelo é tema do material didático proposto ao final desta pesquisa.

3 - UM MODELO QUALITATIVO SOBRE O AQUECIMENTO GLOBAL

Este capítulo descreve um modelo qualitativo construído, no desenvolvimento desta pesquisa, a ser aplicado na elaboração de material didático. Para tanto foi escolhida a abordagem proposta pela Teoria Qualitativa dos Processos – TQP (FORBUS, 1984), descrita na seção seguinte.

3.1 – Teoria Qualitativa dos Processos

Na Teoria Qualitativa dos Processos – TQP (FORBUS, 1984), o comportamento de um sistema é determinado por meio das relações de causalidade explicitamente representadas. A causa primária de mudanças no sistema são os processos, mecanismos que afetam diretamente certas quantidades, cujos efeitos podem ser sentidos ao longo do tempo em outras partes do sistema. Na TQP, a causalidade é representada por meio de dois primitivos de modelagem: *influências diretas*, representadas por I+ e I–, e *proporcionalidades qualitativas*, representadas por P+ e P–. As primeiras modelam os efeitos (diretos) dos processos, enquanto as proporcionalidades mostram como se propagam os efeitos dos processos para outras quantidades. São, portanto, influências indiretas (FORBUS, 1984).

Para representar a dinâmica dos sistemas é preciso expressar qualitativamente as equações diferenciais, nas quais as restrições são colocadas sobre as derivadas das quantidades, e não nas próprias quantidades. A noção de ‘influência direta’ (I) na Teoria Qualitativa dos Processos (TQP) provê essa

representação. Por exemplo, a relação $I+$ é definida como segue: $I+(Q1, Q2)$ significa $dQ1 / dt = \dots + Q2\dots$. Em TQP as proporcionalidades qualitativas (P) também têm significado matemático e expressam relação de causalidade. Assim, por exemplo, $P+(Q3, Q4)$ indica que Q3 é ligada a Q4 por meio de uma função monotônica tal que quando Q4 estiver variando, Q3 também variará na mesma direção. Por exemplo, se Q4 estiver aumentando, Q3 também aumentará. Essa relação também significa que Q4 causa mudanças em Q3 (e nunca o contrário). Similarmente, $P-(Q3, Q5)$. Neste caso, se Q5 estiver variando, Q3 variará na direção contrária. Por exemplo, se Q5 estiver aumentando, Q3 vai diminuir. Com efeito, influências diretas e proporcionalidades permitem representar qualquer equação diferencial ordinária em que a variável independente é o tempo (FORBUS, 1984).

O simulador utilizado para a construção desse modelo é o Garp3¹⁰ (BREDEWEG *et al.*, 2006), um software que combina um ambiente de modelagem dotado de uma interface gráfica na qual são construídos os modelos; uma máquina de inferências, que realiza automaticamente operações de raciocínio dedutivo e que foi implementada com uma linguagem de programação baseada em lógica de primeira ordem (Prolog); e uma interface gráfica que permite executar simulações e inspecionar os resultados obtidos.

3.2 – Um Modelo sobre o Aquecimento Global

Para este esforço de modelagem escolheu-se um tema de grande interesse na atualidade; o aquecimento global. Este é considerado um dos maiores desafios ambientais em nível mundial. Trata-se de um fenômeno que tem tanto

¹⁰ Software disponível gratuitamente em <http://hcs.science.uva.nl/QRM/software/>

origem natural como antropogênica e que produz tanto efeitos positivos como negativos, associados com aumentos significativos na temperatura global média. A maior parte das contribuições antropogênicas decorre da liberação de Dióxido de Carbono (CO₂) na atmosfera proveniente da queima de combustíveis fósseis e derivados de biomassa. Além disso, quantidade significativa de CO₂ é adicionada à atmosfera quando as florestas são derrubadas e a madeira é queimada durante o preparo da terra para uso agrícola. Os países industrializados são os maiores responsáveis pelo CO₂ de origem fóssil, e o Brasil e alguns países da Ásia e da América Central respondem pela maior quantidade do desflorestamento atual (BAIRD, 2002).

Modelos qualitativos que abordam temas relacionados à sustentabilidade ambiental têm sido apresentados por alguns autores. Salles, Bredeweg e Nuttle (2005) descrevem cinco modelos qualitativos envolvendo três indicadores selecionados das Metas de Desenvolvimento do Milênio- MDM7 visando aumentar a compreensão do público sobre questões da sustentabilidade ambiental. Garrity (2004) examina o papel da investigação e desenvolvimento agroflorestais em função dos objetivos do desenvolvimento do milênio e apresenta alguns dos efeitos das mudanças climáticas na agricultura e silvicultura. Petschel-Held (2005) aplica o raciocínio qualitativo em experiências de modelagem do sistema homem-ambiente como contribuição para a formulação de políticas públicas. Este autor argumenta em favor do uso do raciocínio qualitativo nessa área, e discute trabalhos desafiadores que têm sido feitos, nos últimos anos, no campo de pesquisas sobre as alterações globais, especialmente as mudanças climáticas.

No campo educacional, a construção de um modelo qualitativo sobre o aquecimento global apresenta grande relevância porque aproxima o aluno do

conhecimento científico enquanto o distancia das generalizações veiculadas pelos meios de comunicação. Além disso, pela complexidade e pelo enfoque interdisciplinar, esse tema contribui significativamente para elaboração de materiais didáticos capazes de auxiliar alunos surdos na compreensão e na formação de conceitos científicos e, adicionalmente, na aprendizagem da língua portuguesa. Naturalmente, a abordagem qualitativa pode contribuir também para o ensino-aprendizagem de alunos ouvintes, pois o material utilizado não é restritivo.

Conforme mencionado anteriormente, experimentos mostraram que o uso de modelos qualitativos contribui para a aquisição de conceitos científicos, facilita a formulação e o teste de hipóteses, desenvolve o raciocínio dedutivo e melhora o desempenho na construção de textos em língua portuguesa por estudantes surdos (SALLES *et al.*, 2004; 2005).

O objetivo geral deste modelo é melhorar a compreensão do tema “aquecimento global” por estudantes surdos e ouvintes do ensino médio, por meio de sua inclusão em material didático. Os objetivos específicos a serem atingidos na aplicação desse modelo em sala de aula incluem: a) propiciar a aquisição de conceitos relacionados ao tema aquecimento global por estudantes surdos; b) demonstrar as relações de causalidade existentes entre os fatores que contribuem para o aquecimento global; e c) auxiliar o aluno na compreensão das causas e das conseqüências das mudanças climáticas em nosso planeta e como estas podem interferir em nível pessoal e social. As competências e habilidades¹¹ do Programa de

¹¹ Competências são as modalidades estruturais da inteligência, ou melhor, ações e operações utilizadas para se estabelecerem relações com e entre objetos, situações, fenômenos e pessoas. Habilidades referem-se ao plano imediato do saber fazer. Por meio das ações e operações, as habilidades aperfeiçoam-se e articulam-se, possibilitando nova reorganização das competências (Objetos de avaliação do PAS, 2008).

Avaliação Seriada-PAS¹², da Universidade de Brasília, são usadas como referência para as atividades educacionais a serem desenvolvidas a partir do modelo.

3.3 - Os Componentes do Modelo

São representados no modelo dois processos que afetam o clima do nosso planeta: o processo de produção agropecuária e o processo de produção industrial. Para desenvolver atividades agropecuárias, muitos fazendeiros desmatam e criam pastos ou áreas de lavoura e queimam os resíduos de madeira não utilizada; para desenvolver atividades industriais, muitas fábricas poluem a atmosfera.

Os objetos envolvidos no sistema 'Aquecimento Global' são as entidades: "Indústria", "Agropecuária", "Atmosfera", "Terra" e "Economia", que são objetos relevantes para a representação de um sistema no qual se evidenciam causas e conseqüências do aquecimento global (Figura 1).

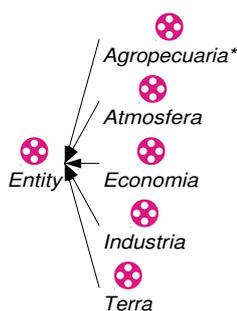


Figura 1 – Entidades do sistema 'Aquecimento Global'

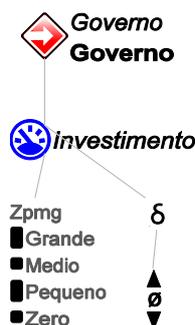


Figura 2 – Agente do processo de produção industrial.

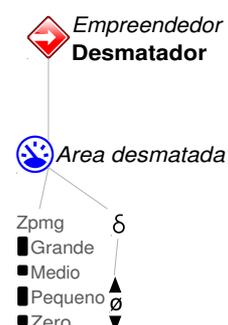


Figura 3 – Agente do processo de produção agropecuária.

¹² Objetos de Avaliação do PAS. Disponível em <<http://www.cespe.unb.br/pas/>>. Acesso em 10 nov. 2008.

A “Indústria” foi incluída no modelo para representar processos industriais que geram produtos para a “Economia” e resíduos para “Atmosfera”. A “Agropecuária” representa o processo que gera produtos agropecuários para a “Economia” e resíduos queimados para a “Atmosfera”. A “Atmosfera” envolve a “Terra” e recebe poluentes (este modelo aborda o dióxido de carbono - CO₂, um dos principais gases indutores do efeito estufa) da “Indústria” e da “Agropecuária”. Dessa forma, quando a “Atmosfera” apresenta concentração grande de poluentes, o modelo mostra que a temperatura da “Terra” aumenta, interfere na taxa de mudanças climáticas, desencadeia consequências que, por sua vez, afetam a “Economia”. O “Governo” (Figura 2) investe recursos na “Indústria” e é representado como agente externo ao sistema, causando mudanças no sistema, mas não sendo afetado pelo mesmo. Outro objeto do sistema é o agente “Empreendedor” envolvido na produção agropecuária (Figura 3). Este destrói a natureza desmatando a vegetação, mas, neste modelo, não sofre influência do sistema.

Embora existam “Indústrias” e “Empreendedores” preocupados com as questões ambientais, o que está sendo representado neste modelo são as atividades humanas que afetam o clima da Terra. As configurações (ativa, investe, polui, envolve, contém) estabelecem as relações entre as entidades, por exemplo, ‘indústria polui atmosfera’, ‘atmosfera envolve a Terra’, ‘governo investe na indústria’, construindo a representação da estrutura do sistema e proporcionando maior clareza à descrição do sistema que está sendo modelado.

O quadro 1 mostra as configurações incluídas no modelo e as entidades a que estão ligadas.

Entidade-fonte	Configuração	Entidade-alvo
Governo	Investe	Indústria
Indústria	Polui	Atmosfera
Empreendedor/Desmatador	Investe	Agropecuária
Agropecuária	Polui	Atmosfera
Atmosfera	Envolve	Terra
Terra	Contém	Economia

Quadro 1 – Entidades e Configurações.

Às entidades foram associadas quantidades (*taxa de investimento, investimento, taxa de produção industrial, taxa de mudanças climáticas, produtos industriais, PIB, resíduos industriais, concentração de poluentes, temperatura da Terra, taxa de produção agropecuária, taxa de mudanças na vegetação, área desmatada, produtos agrícolas, PIB agrícola, resíduos queimados, taxa de mudanças climáticas, ondas de calor, eventos de seca, eventos de inundação, mortalidade, deslocamento de pessoas, perdas de recursos hídricos, perdas na agricultura*) que expressam características relevantes para o problema estudado. Às quantidades, foram associados valores qualitativos que representam estados qualitativos importantes para descrever o comportamento do sistema. Os valores qualitativos das quantidades consistem da combinação dos valores da magnitude (que indica o tamanho da quantidade; por exemplo, pequena, média, grande; ou fraco, médio, forte) e da derivada (que indica a direção da mudança; por exemplo, aumentando, estável, diminuindo). No quadro 2 apresentam-se as entidades e respectivas quantidades e espaços quantitativos.

Entidade	Quantidade	Espaço Quantitativo	EQ
Governo	Taxa de investimento	{negativo, zero, positivo}	mzp ¹³
Governo	investimento	{zero, pequeno, médio, grande}	zpmg
Indústria	Taxa de produção	{negativo, zero, positivo}	mzp
Indústria	Produtos	{zero, pequeno, médio, grande}	zpmg
Indústria	Resíduos	{zero, pequeno, médio, grande}	zpmg
Atmosfera	Concentração de poluentes	{zero, pequeno, médio, grande, máximo}	zpmgm
Empreendedor/ Desmatador	Taxa de mudanças na vegetação	{negativo, zero, positivo}	mzp
Empreendedor	Área desmatada	{zero, pequeno, médio, grande}	zpmg
Agropecuária	Taxa de produção agropecuária	{negativo, zero, positivo}	mzp
Agropecuária	Produtos agropecuários	{zero, pequeno, médio, grande}	zpmg
Agropecuária	Resíduos queimados	{zero, pequeno, médio, grande}	zpmg
Terra	Temperatura	{frio, zero, morno, limite, quente}	fzmlq
Terra	Taxa de mudanças climáticas	{negativo, zero, positivo}	mzp
Terra	Ondas de Calor	{fraco, médio, forte}	fmf
Terra	Eventos de seca	{fraco, médio, forte}	fmf
Terra	Eventos de inundação	{fraco, médio, forte}	fmf
Terra	Perdas de recursos hídricos	{pequeno, médio, grande}	pmg
Terra	Perdas na agricultura	{pequeno, médio, grande}	pmg
Terra	Deslocamento de pessoas	{pequeno, médio, grande}	pmg
Terra	Mortalidade	{pequeno, médio, grande}	pmg
Economia	PIB	{zero, pequeno, médio, grande}	Zpmg

Quadro 2 – Entidades e respectivas quantidades com seus espaços quantitativos.

¹³ Destaca-se que para os espaços quantitativos {negativo, zero, positivo} manteve-se 'mzp' que corresponde a minus, zero e plus em inglês, em virtude do programa Garp3 não aceitar a tradução para o português. Os demais termos utilizados na linguagem de modelagem foram traduzidos para o português.

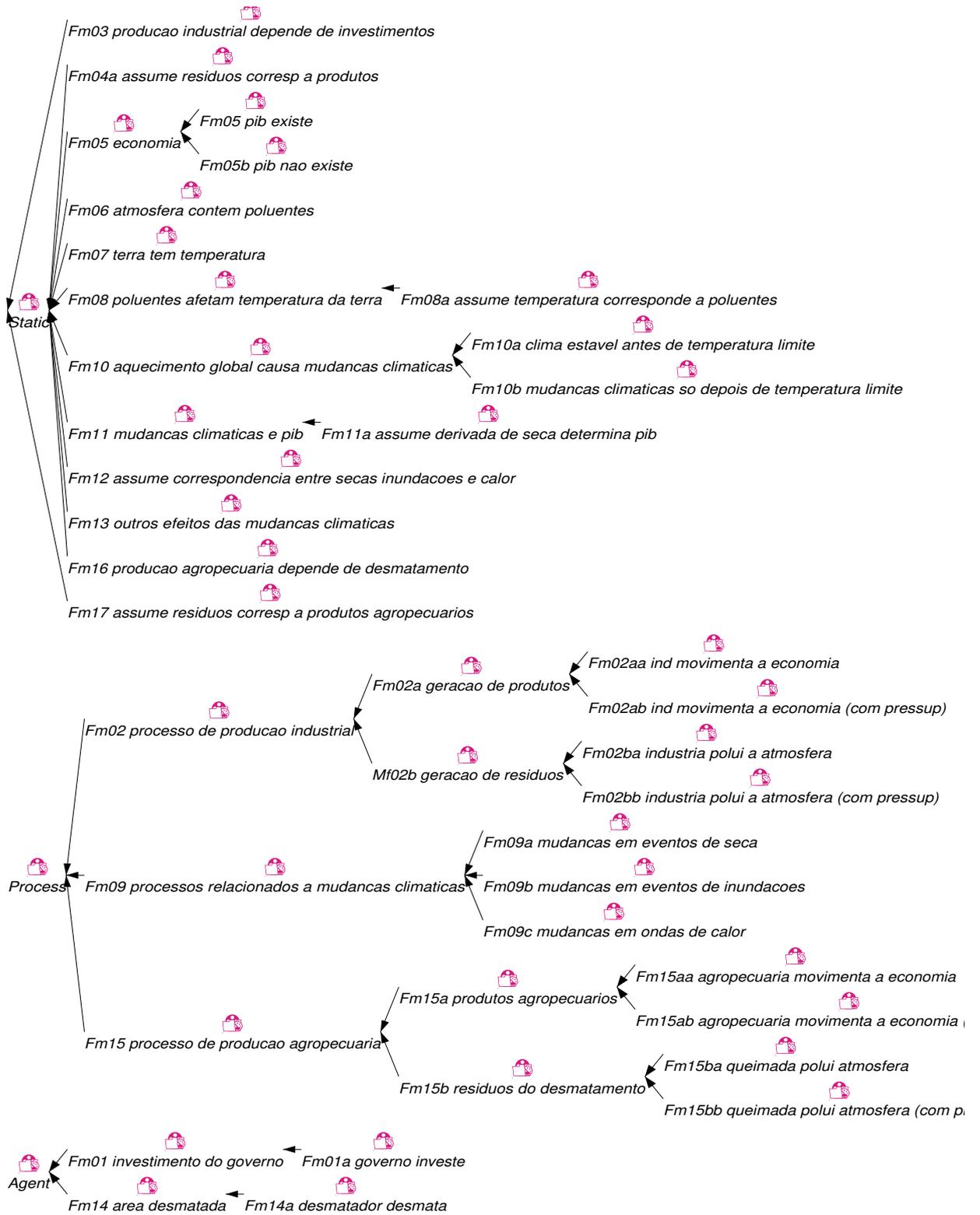


Figura 5 – Biblioteca de Fragmentos de Modelo

3.4 1- Processo de Produção Industrial

O fragmento de modelo que representa a geração de produtos industriais, descrito na figura 6, mostra que a entidade 'Indústria' tem associada a ela a quantidade *taxa de produção* e a quantidade *produtos*. O conceito processo de produção industrial é representado nesse fragmento de modo que quando a *taxa de produção industrial* é positiva, a quantidade *produtos* aumenta e, quando a *taxa de produção* é negativa, a quantidade de *produtos* diminui. Essa relação é capturada por uma influência direta (I+) entre as duas quantidades. Observa-se também a proporcionalidade qualitativa (P-) que relaciona *produtos* à *taxa de produção*, e que funciona como um mecanismo de retroalimentação - feedback - capaz de estabilizar o processo de produção, pois do contrário, a *taxa de produção* que influencia positivamente a quantidade *produtos* faria com que este crescesse indefinidamente. A mesma descrição pode ser observada no processo de geração de resíduos (Figura 7).

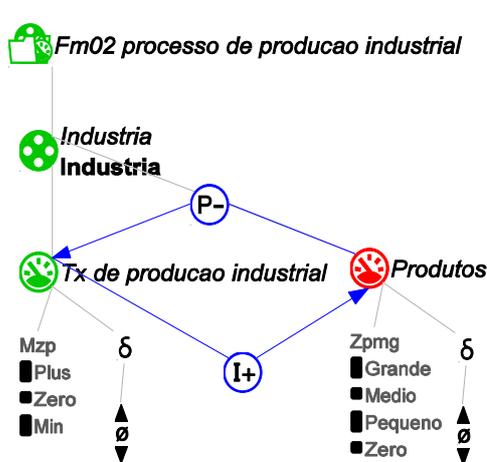


Figura 6 – 'Processo de produção industrial e produtos'

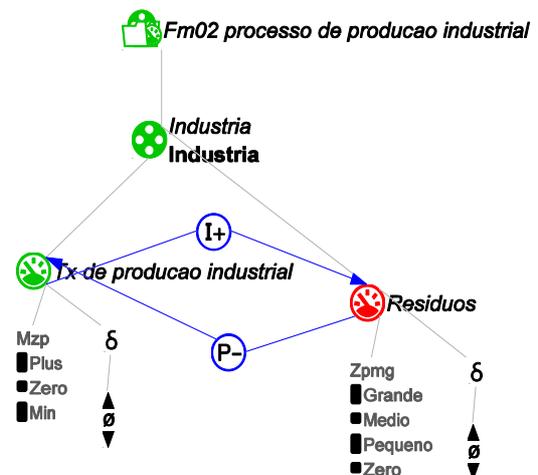


Figura 7 – 'Processo de produção industrial e resíduos'

Dando continuidade à descrição do modelo, pode-se observar o fragmento de modelo ‘Indústria ativa economia’ (Figura 8) o qual representa que a ‘indústria’ ativa a ‘economia’ e gera riquezas, porque se a *taxa de produção industrial* é positiva, a quantidade de *produtos* aumenta e esta quantidade afeta o *Pib*, que também aumenta. Essa relação é representada pela proporcionalidade P+.

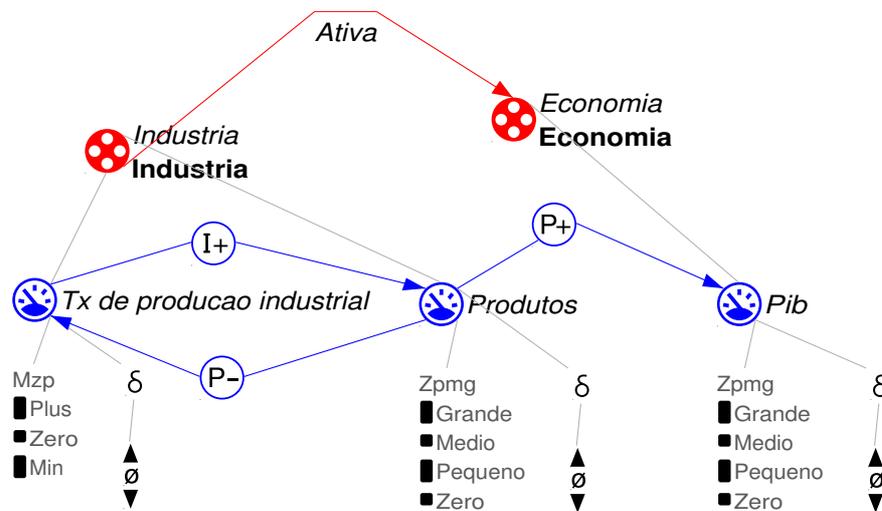


Figura 8 – ‘Indústria ativa economia’

No fragmento de modelo ‘Indústria polui atmosfera’ (Figura 9) observa-se a influência direta I+ que indica que se a *taxa de produção industrial* é positiva, então a quantidade de *resíduos* aumenta e, conseqüentemente, a *concentração de poluentes* no ar também aumenta, por causa da proporcionalidade P+. Conclui-se que a ‘indústria’ ativa a ‘economia’, mas polui a ‘atmosfera’, porque ao gerar *produtos* ela também gera *poluentes* que se acumulam na ‘Atmosfera’.

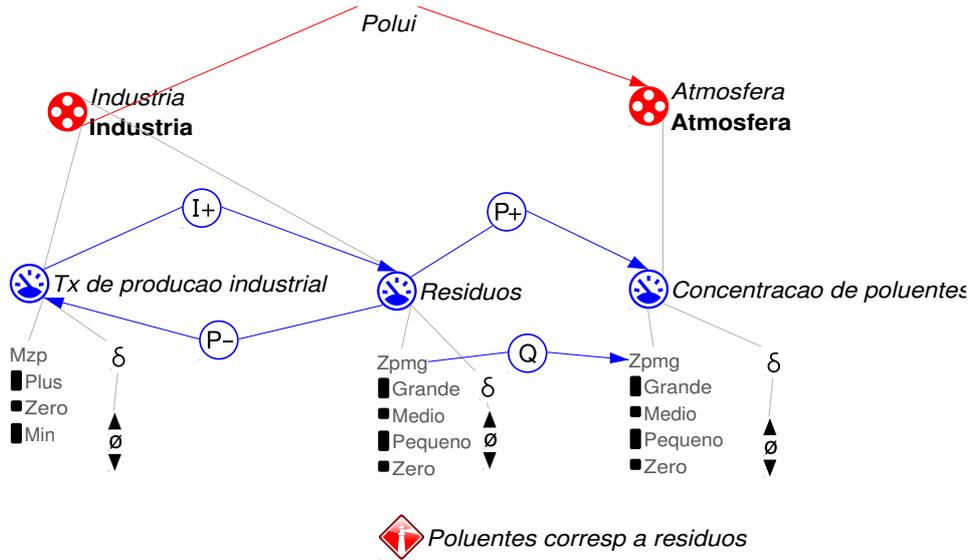


Figura 9 – 'Indústria polui atmosfera'

Os demais fragmentos de modelo representam aspectos estáticos do sistema, tais como a descrição de situações, detalhes dos objetos ou condições para que determinados fenômenos ocorram; como o fragmento 'Poluentes afetam a temperatura da Terra' (Figura 10).

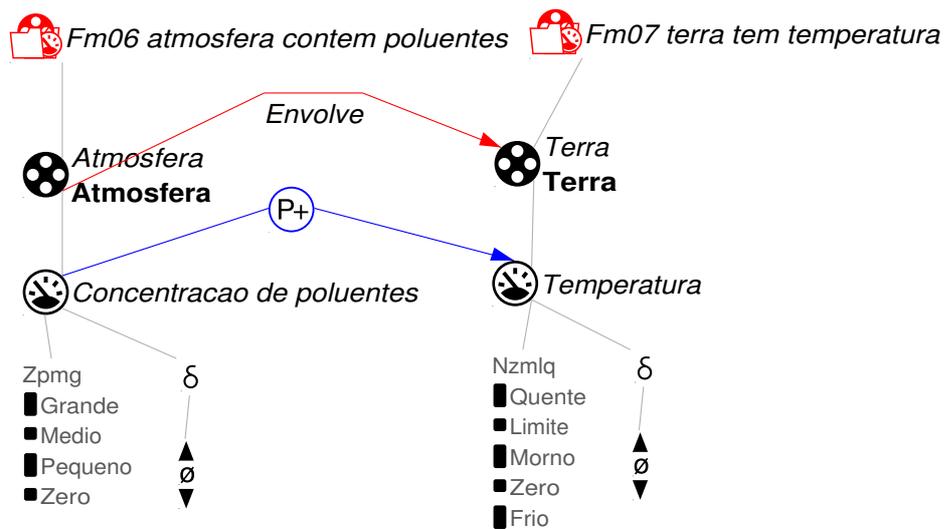


Figura 10 – 'Poluentes afetam a temperatura da Terra'

Esse fragmento de modelo mostra que quando a *concentração de poluentes* na 'atmosfera' aumenta, a *temperatura* da 'Terra' também aumenta, e quando a primeira estiver diminuindo, a segunda seguirá na mesma direção. Essa relação é capturada pela proporcionalidade P+.

Alguns pressupostos (Figura 11) foram inseridos no modelo, indicando correspondências entre alguns elementos, por exemplo, o pressuposto 'resíduos correspondem a produtos' (Figura 12). Dado esse pressuposto, a quantidade *resíduo* corresponde à quantidade *produto*. Dessa forma, o simulador assume que quando a 'indústria' produz uma grande quantidade de *produtos*, gera também uma grande quantidade de *resíduos* que serão lançados no ambiente. Para isso, foi utilizado o símbolo 'Q' entre as quantidades, que significa correspondência entre todos os valores dos espaços quantitativos das duas quantidades. Outros tipos de correspondências também foram utilizadas no modelo, como o 'V', que indica uma correspondência biunívoca entre valores específicos, e o símbolo 'dQ↓' que representa a correspondência inversa entre derivadas, assumindo que quando uma determinada quantidade está crescendo, a outra está tendo um comportamento inverso, nesse caso, decrescendo.

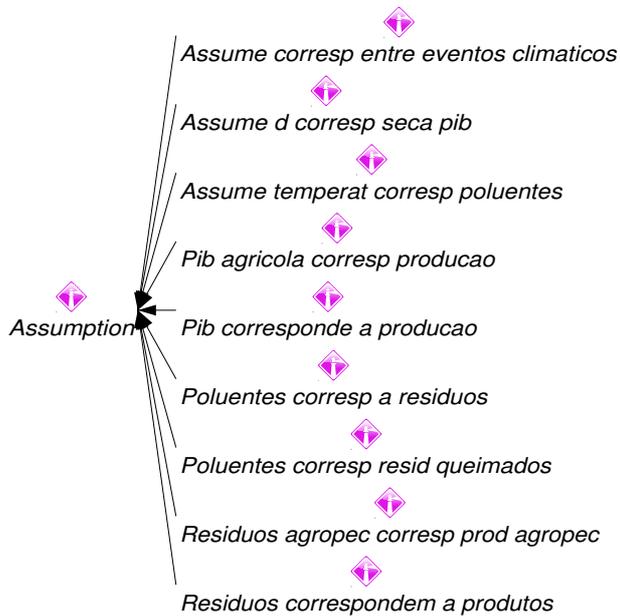


Figura 11 - Pressupostos

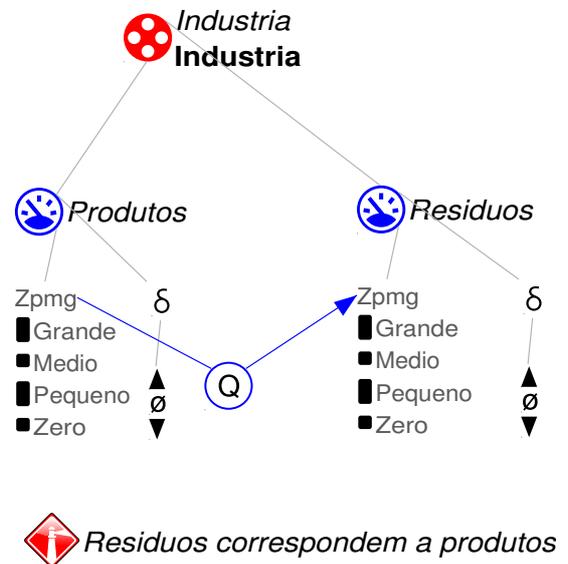


Figura 12 – ‘Resíduos correspondem a produtos’

3.4.1.1 – A Simulação do cenário

A estrutura do sistema sobre o qual estamos raciocinando, incluindo os objetos envolvidos, os valores iniciais, as quantidades e as configurações, é descrita nos cenários iniciais. A versão atual do modelo possui quarenta e três cenários. A partir de cada cenário o simulador qualitativo inicia uma simulação, que mostra, de forma qualitativa, as possíveis trajetórias de comportamento desse sistema. Como exemplo, a figura 13 apresenta o cenário 13c ‘Indústria afeta a temperatura da Terra causando mudanças climáticas’.

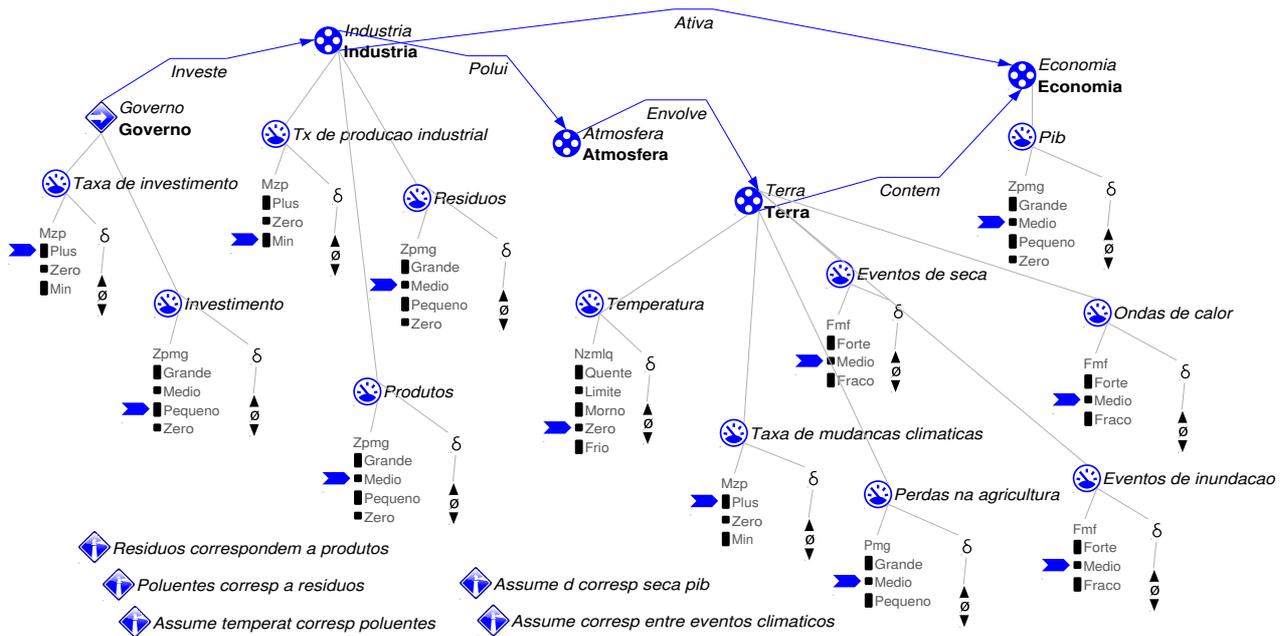


Figura 13 - Cenário 13c 'Indústria afeta a temperatura da Terra causando mudanças climáticas'

A simulação que se inicia com o cenário descrito na figura 13 produz 1 estado inicial (Figura 14) e 25 estados no total, mostrados no diagrama denominado grafo de estados (Figura 15), que representa todos os comportamentos possíveis do sistema e as possíveis transições entre eles, dadas as condições iniciais descritas no cenário e os conhecimentos representados na biblioteca de fragmentos de modelo. Notam-se os valores iniciais das quantidades - marcados por uma seta em azul -, o 'governo' possui uma taxa positiva de *investimento* na 'indústria' e, ao rodar a simulação, as quantidades representadas sofrerão mudanças ao longo do tempo causadas pela atividade deste processo; a quantidade *investimento* tem valor inicial marcado em pequeno, mas ao rodar a simulação irá aumentar para médio e depois atingir o valor grande. Este por sua vez afetará a *taxa de produção industrial* que está com valor inicial negativo (min), mas irá aumentar, passar por zero, até alcançar o valor positivo. Dando prosseguimento às mudanças, a quantidade *produtos* e a quantidade *resíduos* estão com valor inicial médio, mas sofrem influência da *taxa de*

produção e irão aumentar para grande. Em consequência, estes últimos afetam a *temperatura* da 'Terra', que está com valor inicial zero, mas irá aumentar causando mudanças climáticas.

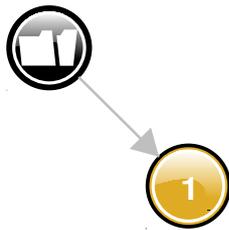


Figura 14 – Estado inicial

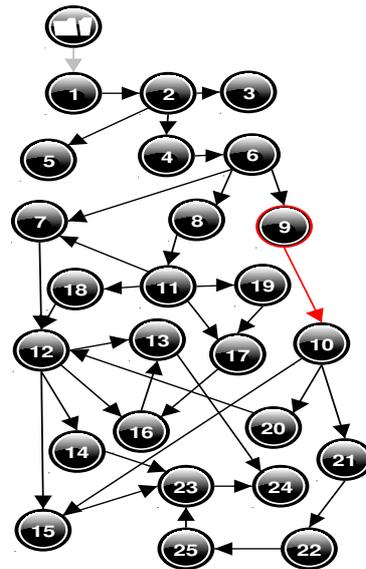


Figura 15 - Grafo de estados

As mudanças climáticas dizem respeito a mudanças de temperatura, precipitação, nebulosidade e outros fenômenos climáticos, em relação às médias históricas. Porém, neste modelo representa-se apenas o efeito da *temperatura* nas mudanças climáticas da 'Terra'. A respeito disso, admite-se que existe um valor limite, abaixo do qual a *temperatura* não afeta esse tipo de mudanças e o clima permanece estável. Essa situação é capturada no fragmento de modelo 'Clima estável abaixo da temperatura limite' (Figura 16).

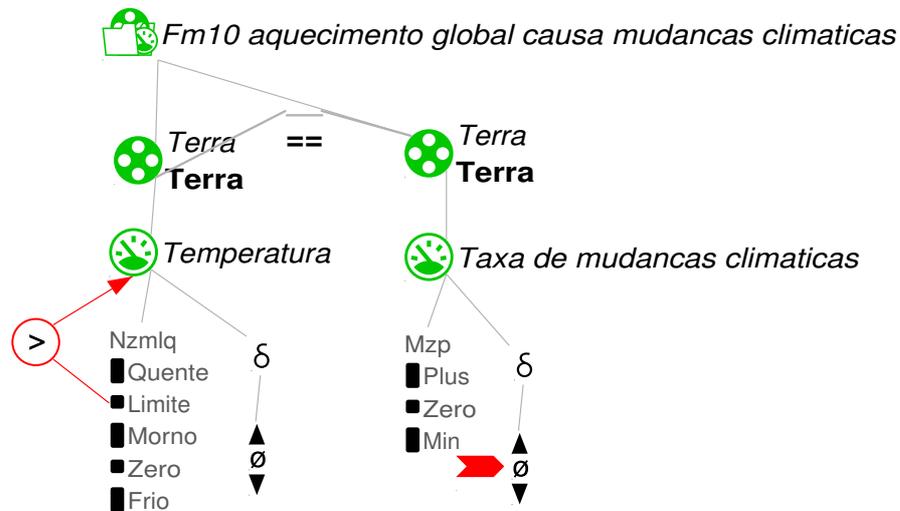


Figura 16 – Clima estável abaixo da temperatura limite

Acima desse limite, quando a *temperatura* atinge valores incluídos no intervalo qualitativamente denominado ‘quente’, a proporcionalidade positiva (P+) se torna ativa e afeta a quantidade *taxa de mudanças climáticas*, que, por sua vez, determina a ocorrência de *ondas de calor*, *eventos de inundação* e *eventos de seca*. Nesse caso, observa-se o comportamento das derivadas das duas quantidades. Quando as derivadas assumem a mesma direção de mudança, utiliza-se a proporcionalidade P+. Assim, se a *temperatura* estiver crescendo, a *taxa de mudanças climáticas* também estará crescendo, e se a *temperatura* estiver decrescendo, a *taxa de mudanças climáticas* também estará decrescendo (Figura 17).

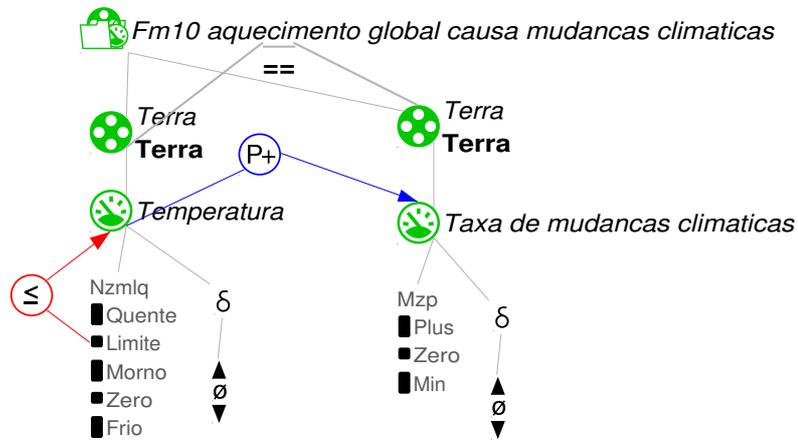


Figura 17 – Mudanças climáticas acima da temperatura limite

Ao rodar a simulação a partir do cenário 'Indústria afeta a temperatura da Terra causando mudanças climáticas' (Figura 13) obtém-se o grafo de estados com 1 estado inicial e 25 estados no total. O estado 13 foi selecionado e abriu-se o modelo causal (Figura 18), ou seja, o diagrama que representa as relações de causalidade ativas no sistema obtidas no estado 13 da simulação. Esse modelo causal explica diversos aspectos do comportamento do sistema.

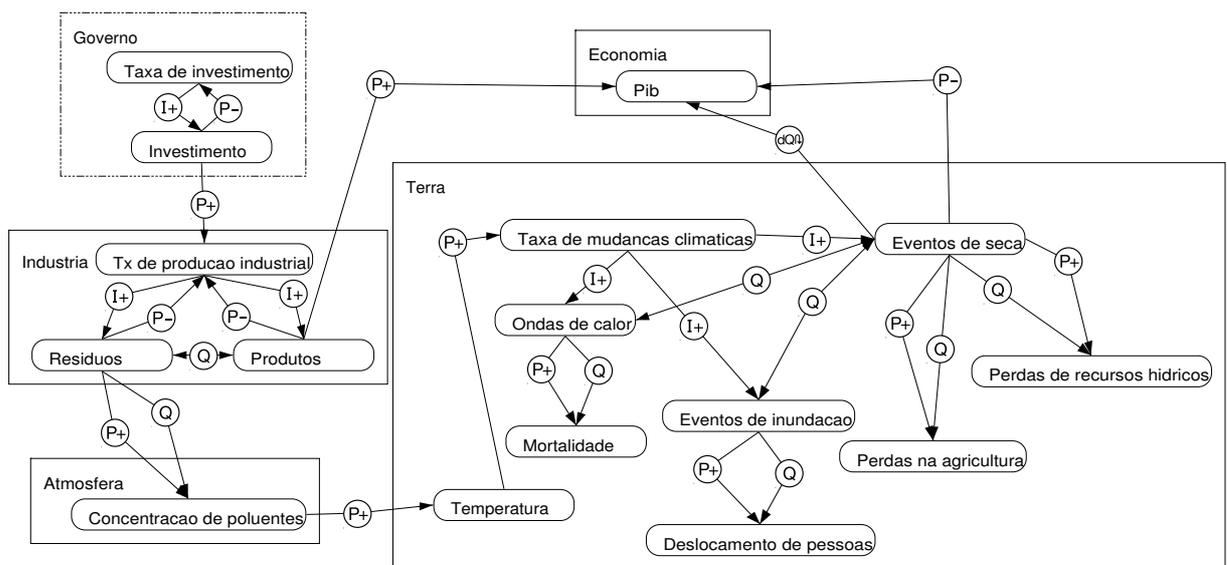


Figura 18 – Modelo causal obtido no estado 13 da simulação que se inicia a partir do cenário descrito na figura 13.

Nesse modelo causal (Figura 18) a influência direta (I+) no sentido *taxa de investimento* para quantidade *investimento* provoca mudanças ao longo de todo o sistema. A proporcionalidade qualitativa P- entre a 'quantidade-fonte' *investimento* e a 'quantidade-alvo' *taxa de investimento* representa o mecanismo de retroalimentação do sistema, a fim de que o investimento não continue crescendo indefinidamente. Assim, quando a *taxa de investimento* é positiva e a influência direta (I+) é positiva, a quantidade *investimento* do 'governo' aumenta. E se a quantidade *investimento* aumenta, a *taxa de produção industrial* também aumenta, pois estão unidas por proporcionalidade qualitativa P+. Esta taxa, por sua vez, influencia diretamente (I+) as quantidades *resíduos* e *produtos*; se a taxa é positiva, as duas quantidades-alvo aumentam, e mantêm sempre o mesmo valor, porque *resíduos* e *produtos* estão ligados por uma correspondência Q. Por um lado, se a quantidade *resíduos* aumenta, a quantidade *concentração de poluentes* aumenta na mesma proporção, devido a P+. Por outro lado, se a quantidade *produtos* aumenta, então a quantidade *PIB* aumenta, o que é indicado por P+. Além disso, as proporcionalidades P- que saem das quantidades-fonte *resíduos* e *produtos* em direção a quantidade-alvo *taxa de produção industrial* indicam outro mecanismo de *feedback* presente no sistema.

Dando prosseguimento à cadeia de causalidade, a *concentração de poluentes* afeta a *temperatura* da 'Terra' e esta, por sua vez, interfere na *taxa de mudanças climáticas*, ambas as relações capturadas por proporcionalidade P+. Quando a quantidade *temperatura* da 'Terra' aumenta e atinge valor acima do limite, passa a afetar (via P+) a *taxa de mudanças climáticas*, responsável por diversos efeitos sobre a 'Terra'. Quando esta taxa é positiva, a influência I+ faz com que ocorram aumento na quantidade *ondas de calor*, aumento na quantidade *eventos de*

seca e aumento na quantidade *eventos de inundações*. Estas quantidades, por sua vez, provocam, respectivamente (P+), aumento nas quantidades *mortalidade*, *perda de recursos hídricos*, *perda na agricultura* e *deslocamento de pessoas*. A quantidade *eventos de seca* afeta indiretamente, por meio da proporcionalidade P-, a quantidade *PIB*, que diminui e afeta a 'Economia' do país. Entretanto, como mostra a Figura 18, *Pib* recebe, além deste P-, uma influência P+ vinda da quantidade de produtos industriais. Estabelece-se uma ambiguidade, pois nada no modelo especifica qual dessas duas influências é mais forte. Neste modelo assume-se que a influência de *eventos de seca* predomina e termina por definir o comportamento do *PIB*. Esse pressuposto é implementado por meio de correspondência inversa entre os valores das derivadas das duas quantidades, representada pelo ícone $dQ\downarrow$. Desse modo, quando *eventos de seca* estiver aumentando (derivada > zero), *Pib* estará diminuindo (derivada < zero) e vice-versa. Concluindo, quando a taxa positiva de mudanças climáticas faz com que aumentem os eventos de seca, estes farão com que o *PIB* do país diminua, ainda que a quantidade de produtos industriais esteja aumentando.

Destaca-se que todos os efeitos das mudanças climáticas citados acima se correspondem, o que se pode verificar por meio da correspondência Q que indica valores que ocorrem simultaneamente em duas quantidades. Esse pressuposto tem por objetivo reduzir a complexidade das simulações, condição para que o modelo possa ser usado por estudantes em situação de aprendizagem.

Ao analisar os possíveis valores da quantidade *temperatura* mostrados na Figura 17, existe um limite para a *temperatura* da 'Terra', acima do qual esta se torna muito quente, situação que pode ter conseqüências graves para a 'economia' e para o planeta. Nota-se que, no modelo causal obtido nessa simulação, a

quantidade *temperatura* havia ultrapassado o limite e, assim, provoca mudanças climáticas que são percebidas ao longo de todos os processos ligados à entidade 'Terra', ocasionando as conseqüências oriundas do aquecimento global (*temperatura* acima do limite).

3.4.2 - Processo de Produção Agropecuária

Nesta seção apresentam-se os fragmentos de modelo que foram construídos para descrever o processo de produção agropecuária. Neste modelo existe um agente, o 'desmatador', que desmata as florestas e campos para utilizar a área desmatada para agricultura e pecuária. O agente é o 'Empreendedor', o proprietário da terra (Figura 19). A influência direta I+ indica que se a *taxa de mudanças na vegetação* é positiva, a quantidade *área desmatada* aumenta. Nota-se também a proporcionalidade P-, que aqui tem a função de retroalimentar a taxa e equilibrar o sistema. Ela indica que a *taxa de mudanças na vegetação* poderá se estabilizar nos valores pequeno, médio ou grande da *área desmatada*.

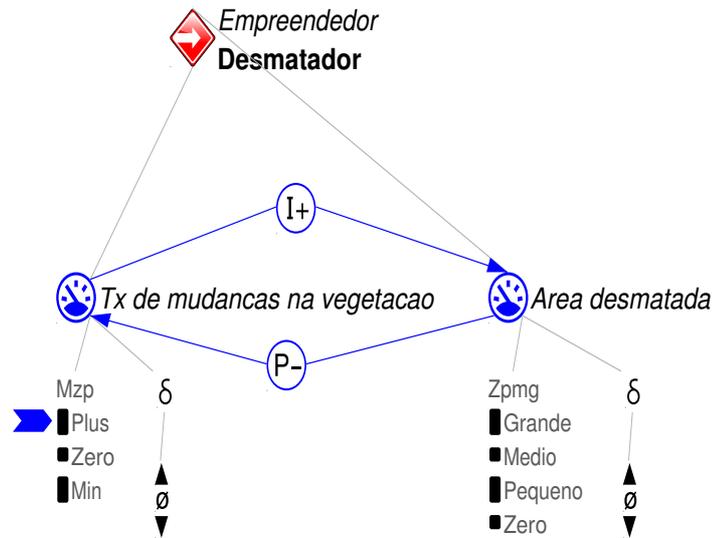


Figura 19 – ‘Ação do empreendedor’

No fragmento de modelo ‘Taxa de produção agropecuária depende da área desmatada’ (Figura 20), a proporcionalidade P+ indica que se a “área desmatada” aumentar, a “taxa de produção agropecuária” também aumentará. Destacam-se as correspondências V relacionando valores isolados entre as quantidades *área desmatada* e *taxa de produção agropecuária*. A correspondência V indica, por exemplo, que, quando o valor da quantidade *área desmatada* é grande, o valor da quantidade *taxa de produção agropecuária* é positivo, como se pode ver representado na figura 20.

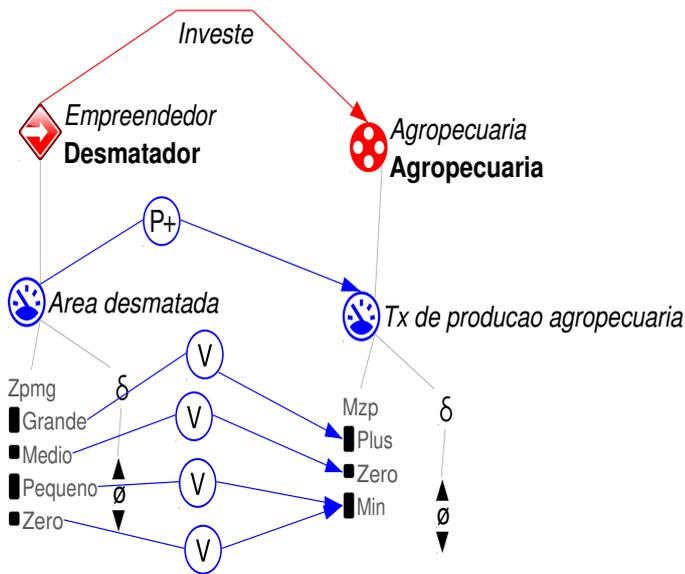


Figura 20 – ‘Taxa de produção agropecuária depende da área desmatada’

Outros fragmentos de modelo relevantes para compreensão do processo de produção agropecuária são ‘Processo de produção agropecuária e produtos’ (Figura 21) e ‘Processo de produção agropecuária e resíduos queimados’ (Figura 22). Esses fragmentos mostram que, a produção agropecuária ao gerar *produtos*, importantes para alimentação humana, também gera *resíduos* que terminam por ser queimados.

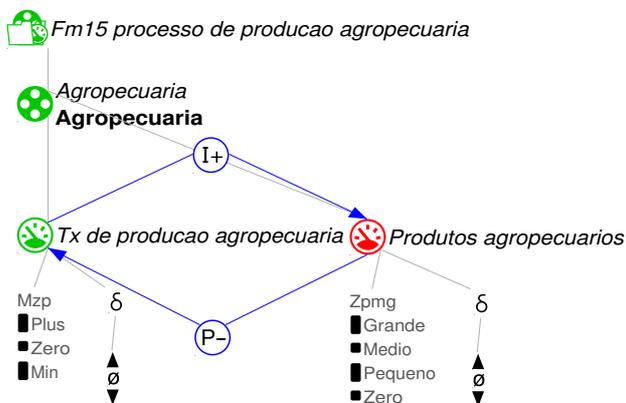


Figura 21 – ‘Processo de produção agropecuária e produtos’

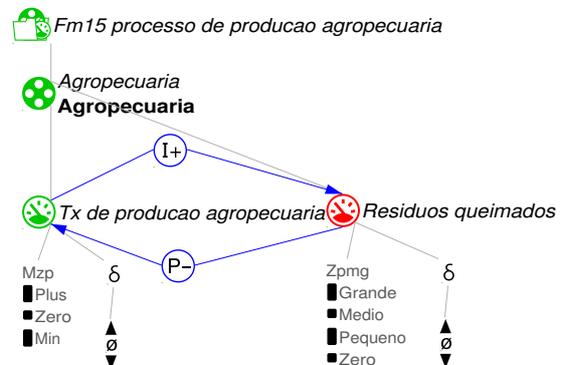


Figura 22 - ‘Processo de produção agropecuária e resíduos queimados’

O fragmento de modelo ‘Produtos agropecuários correspondem a resíduos queimados’ (Figura 23) representa a correspondência entre as quantidades *taxa de produção agropecuária* e *resíduos queimados*. E o fragmento de modelo ‘Agropecuária ativa a economia’ (Figura 24) mostra que a quantidade *Pib* é influenciada pela quantidade *produtos agropecuários*. Notam-se: a correspondência Q entre a quantidade *produtos agropecuários* e *Pib*; e o pressuposto ‘PIB agrícola corresponde a produção’ indicado abaixo do fragmento de modelo. Este último é ativado quando a simulação é iniciada a partir de um cenário no qual o pressuposto esteja presente.

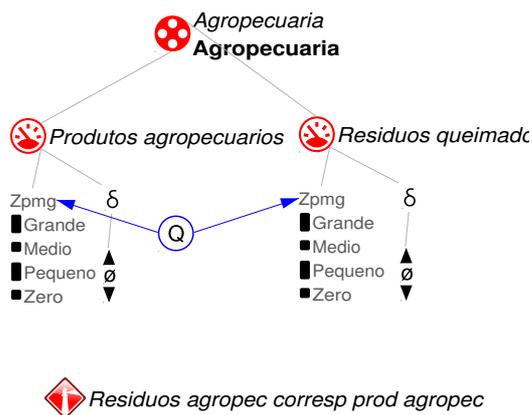


Figura 23 – ‘Produtos agropecuários correspondem a resíduos queimados’

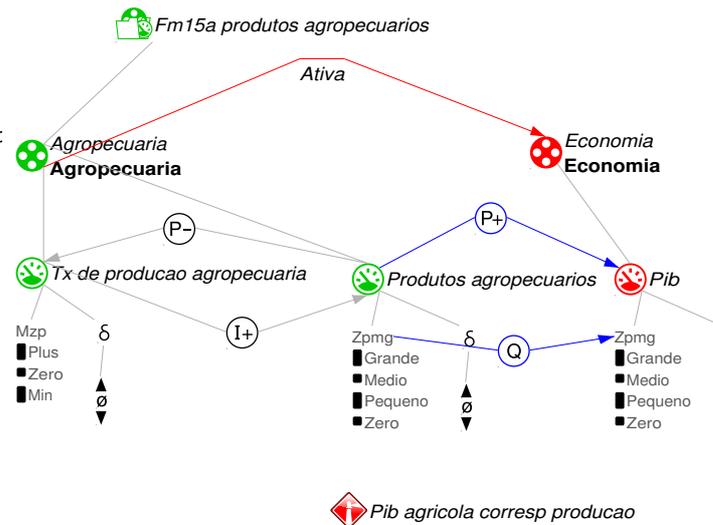


Figura 24 – ‘Agropecuária ativa a economia’

Outro fragmento considerado essencial para a descrição do modelo é o fragmento ‘Agropecuária polui atmosfera’ (Figura 25). Conhecendo a correspondência entre *produtos* e *resíduos*, lê-se nesse fragmento que, quando a *taxa de produção agropecuária* é positiva, a quantidade *resíduos queimados* aumenta e afeta a *concentração de poluentes* na ‘Atmosfera’. Esta, por sua vez, também aumenta e afeta da mesma forma a *temperatura* da ‘Terra’ (Figura 26),

ambas as relações implementadas por influência indireta P+. Note as correspondências V entre a *concentração de poluentes* e a *temperatura*, identificadas pelo pressuposto ‘Assume temperatura corresponde a poluentes’.

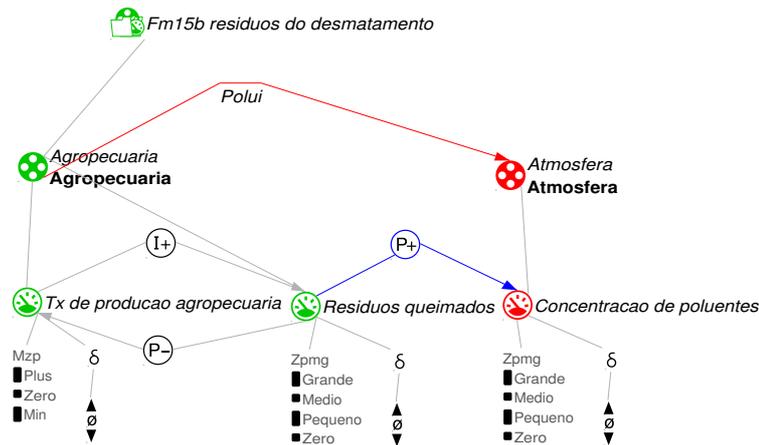


Figura 25 – ‘Agropecuária polui atmosfera’

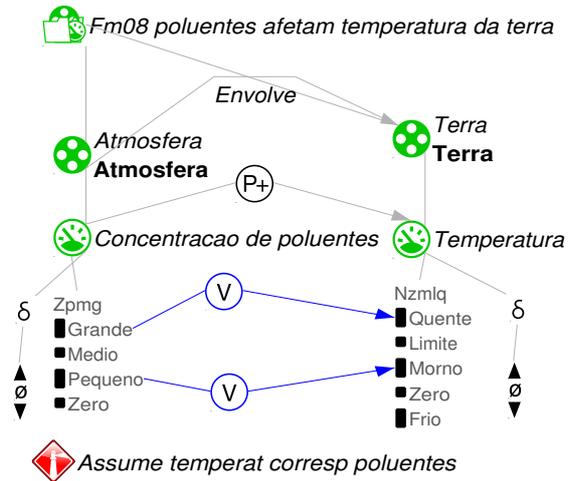


Figura 26 – ‘Assume temperatura corresponde a poluentes’

Conforme mencionado acima, o fragmento de modelo descrito na figura 17 mostra que a influência P+ da *temperatura* sobre a *taxa de mudanças climáticas* só começa a fazer efeito quando a *temperatura* é igual ou maior que o valor “limite”. Portanto, só quando a *temperatura* é igual ou maior que o limite, a temperatura afeta a taxa de mudanças climáticas.

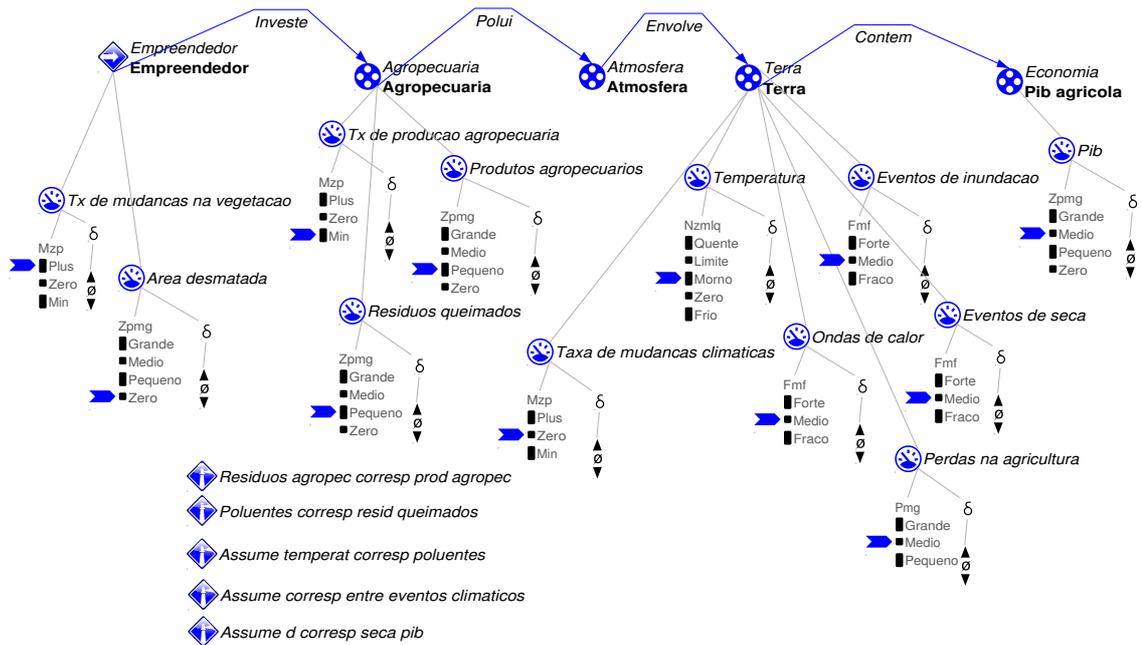


Figura 27 – Cenário 21 ‘Produção agropecuária’

Rodando-se a simulação a partir do cenário 21 ‘Produção agropecuária’ (Figura 27), registram-se mudanças no sistema que podem ser analisadas por meio do diagrama de valores das quantidades (Figuras 28 e 29). No estado 13, depois que a *temperatura* atinge o limite, as quantidades *ondas de calor*, *inundações* e *eventos de seca* começam a aumentar (Figura 28 e 29). Após o estado 13, quando se agravam os efeitos do aquecimento global, a quantidade *Pib* começa a cair (Figura 29).

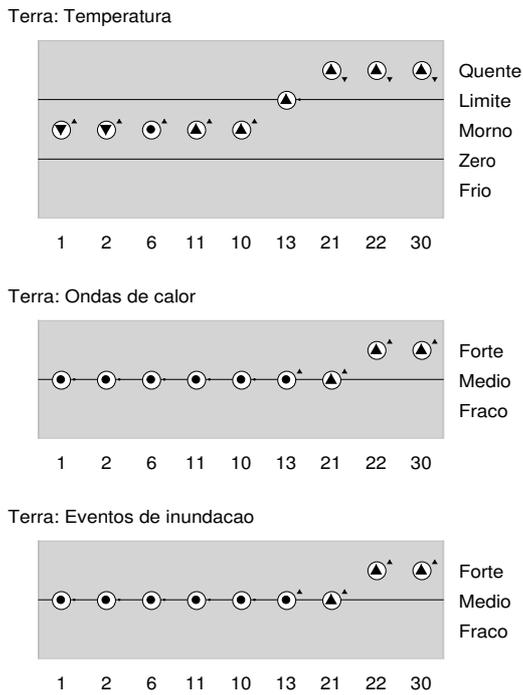


Figura 28 - Diagrama de valores das quantidades temperatura, ondas de calor e eventos de inundação.

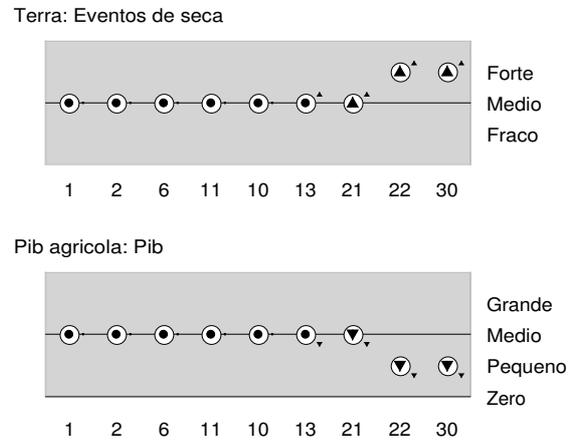


Figura 29 - Diagrama de valores das quantidades eventos de seca e PIB agrícola.

Ao rodar a simulação do maior cenário (Figura 30), que inclui tanto a produção industrial como a produção agropecuária, obtém-se um grafo com 30 estados (Figura 31), os diagramas de valores das quantidades (Figura 32) e a descrição de toda a cadeia de causalidade por meio de um modelo causal (Figura 33).

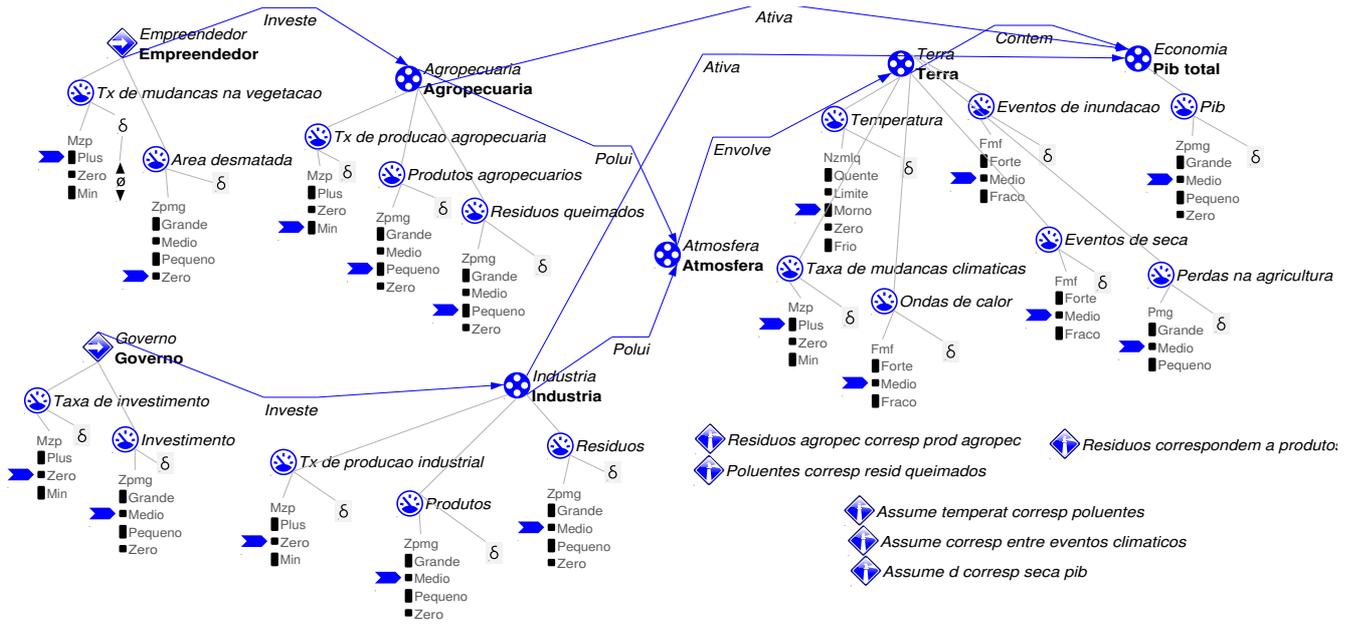


Figura 30 - 'Cenário envolvendo os processos de produção agropecuária e industrial'

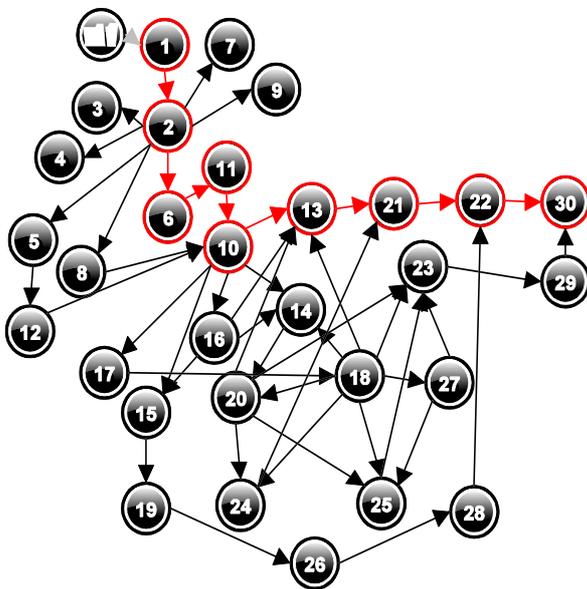
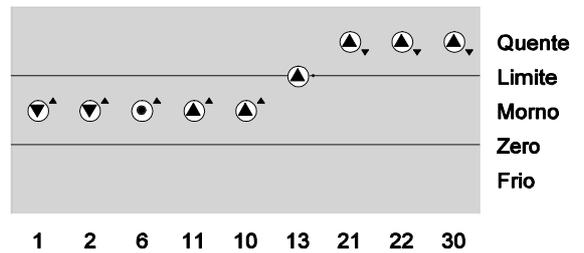
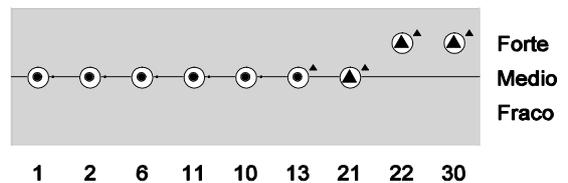


Figura 31 – Grafo de estados obtido a partir da simulação do cenário representado na figura 30.

Terra: Temperatura



Terra: Eventos de inundacao



Terra: Deslocamento de pessoas

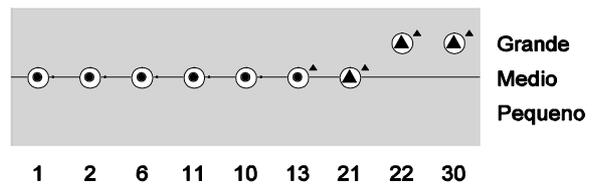


Figura 32 – Diagrama de valores obtido a partir da simulação do cenário representado na figura 30.

Ao selecionar uma trajetória no grafo de estados, as mudanças no sistema podem ser analisadas por meio do diagrama de valores das quantidades. Nota-se que a temperatura da Terra atinge o limite no estado 13 (limite a partir do qual as mudanças ocorrem), em consequência os eventos de inundação e deslocamento de pessoas, estáveis nos estados iniciais, assumem o valor médio e crescente no estado 21 e forte crescente/grande crescente nos estados finais.

O modelo causal também mostra toda a descrição do sistema que se está representado; as entidades, as quantidades e suas correspondências, além de representar as relações de causa e efeito, capturadas como influências diretas I+, I- e proporcionalidades qualitativas P+, P-.

No modelo causal (Figura 33) a cadeia de causalidade inicia-se com a ação dos agentes. De um lado tem-se o 'Governo' que investe na 'Indústria' e de outro lado tem-se o 'Empreendedor' que desmata a vegetação. Então se a *taxa de investimento do governo* for positiva, a quantidade *investimento* aumenta devido à influência direta I+. E se o *investimento* aumenta, ele afeta a *taxa de produção industrial* por causa da proporcionalidade P+. E se a *taxa de produção industrial* for positiva, tem-se o aumento da quantidade *produtos* devido a influência I+ que por sua vez aumenta a quantidade *PIB* devido a proporcionalidade P+.

Com a *taxa de produção agropecuária* positiva a quantidade *resíduos queimados* aumenta devido à influência I+, que, por sua vez, causa um aumento na quantidade *concentração de poluentes* (P+). Aumentando a *concentração de poluentes*, esta aumenta a *temperatura* da 'Terra' (P+). Se atingir valor acima do limite, a *temperatura* afeta a *taxa de mudanças climáticas* (P+), causando aumento nas quantidades *ondas de calor*, *eventos de seca*, *eventos de inundação*. Essas três últimas quantidades propagam essas mudanças, por meio de proporcionalidades

qualitativas P+, levando a outros efeitos como *deslocamento de pessoas, mortalidade, perda de recursos hídricos, perdas na agricultura*.

Do outro lado tem-se que quando o 'Empreendedor' está ativo, ou seja, quando a *taxa de mudanças na vegetação* é positiva, a *área desmatada* aumenta (devido ao I+) e esta afeta a *taxa de produção agropecuária* por meio da proporcionalidade P+. Sendo positiva, a *taxa de produção agropecuária* faz com que as quantidades *produtos* e *resíduos queimados* aumentem (devido ao I+). Quando a quantidade *produtos* agropecuários aumenta, afeta o *PIB*, aumentando sua quantidade (devido ao P+). Por outro lado, a quantidade *resíduos* aumenta e afeta a *concentração de poluentes* que, por sua vez, também aumenta (devido ao P+). Quando a quantidade *concentração de poluentes* aumenta provoca aumento na *temperatura* da 'Terra' (P+) que quando atinge valor acima do limite desencadeia mudanças no clima da 'Terra' (P+). Para finalizar a cadeia de causalidade, quando os *eventos de seca* aumentam, o *PIB* diminui devido a correspondência inversa $dQ \downarrow$.

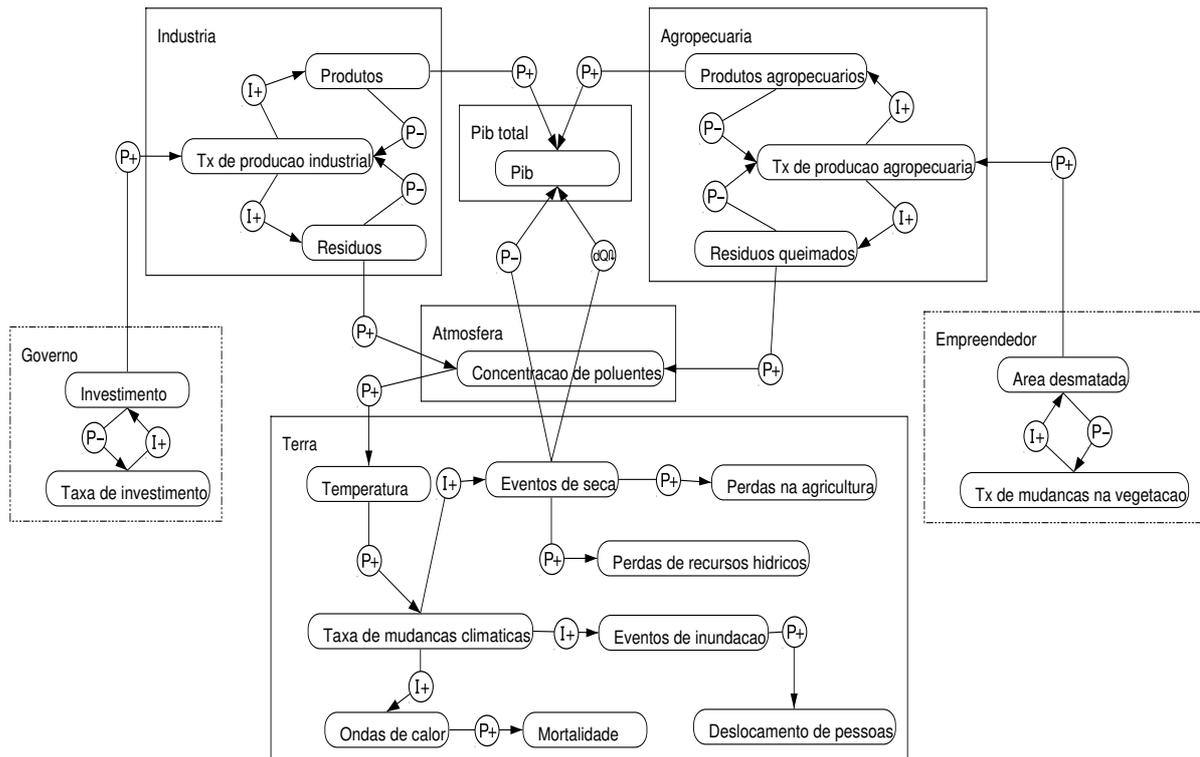


Figura 33 - 'Modelo causal envolvendo os processos de produção agropecuária e de produção industrial'

O modelo mostra que os problemas de calor excessivo, secas e enchentes, ocorrem porque as atividades industriais e agropecuárias, importantes para sociedade, contribuíram para piorar a qualidade do ar e destruir a natureza.

3.5 - O Modelo e suas Implicações Educacionais

O modelo produzido oferece elementos para discussões em sala de aula, auxiliando na compreensão do tema "aquecimento global" por estudantes surdos e ouvintes no ensino médio. Esse modelo torna explícitas as relações de causalidade

entre a produção industrial, a produção agropecuária e seus poluentes, a concentração de poluentes liberados na atmosfera e seus efeitos nas mudanças climáticas. Além disso, mostra como os eventos climáticos interferem nos recursos hídricos, na agricultura, na saúde, na vida das pessoas, na sociedade e como a produção industrial e a produção agropecuária podem interferir negativamente na economia do país e do mundo.

Diversas questões podem ser levantadas em sala de aula a partir do modelo. Por exemplo, o que aconteceria se a concentração de poluentes aumentasse na atmosfera? Se a temperatura da Terra se tornar maior ou igual ao valor limite, qual será o comportamento da taxa de mudanças climáticas? Dessa forma, percebe-se que esse modelo conduz a várias reflexões sobre o tema, como o aumento da poluição atmosférica e a necessidade urgente de um sistema de controle de gestão ambiental, a redução ou estabilização da concentração desses gases na atmosfera em níveis que evitem a interferência perigosa no sistema climático, dentre outras.

O modelo também propicia aos estudantes surdos e ouvintes a aquisição de diversos conceitos relacionados ao tema “aquecimento global”, como taxa, investimento, economia, produto interno bruto (PIB), produção industrial, indústria, agropecuária, desmatador, empreendedor, geração, resíduos, produtos, poluição, poluentes, gases, concentração, atmosfera, inundação, deslocamento, limite, taxa, eventos climáticos, entre outros que surgem no discurso interativo em sala de aula. O modelo ‘aquecimento global’ representa a estrutura de um dos principais problemas ambientais discutidos atualmente em diversas esferas da sociedade, seja no meio acadêmico, por especialistas, ou mesmo por cidadãos comuns. Nele o aluno pode perceber os diferentes efeitos das mudanças climáticas sobre a Terra e

a intensidade dos danos sobre a atividade sócio-econômica, bem como entender o que as mudanças climáticas têm a ver com a sua vida pessoal e social. E a simulação ainda mostra detalhes importantes do comportamento do sistema que facilitam a exploração do tema pelo professor. Dessa forma, o aluno deixa a concepção simplista do senso comum discutida informalmente fora do meio escolar e evolui para uma compreensão científica do problema em questão.

Outro aspecto extremamente relevante para o uso de modelos qualitativos em sala de aula é a representação explícita de causalidade. Diversas atividades envolvendo a cadeia de causa e efeito podem ser trabalhadas no processo ensino-aprendizagem. Propõe-se para desenvolvimento desse trabalho atividades que respondam dois tipos de perguntas, nas quais são utilizadas as relações de causa e efeito: uma para fazer previsões, percorrendo a cadeia de causalidade apresentada no modelo causal do começo ao fim: se isso ocorre...então, aquilo ocorre...(raciocínio previsivo); a outra para gerar explicações, percorrendo a mesma cadeia de causalidade no sentido inverso, do fim para o começo: isso ... ocorre porque... aquilo ocorreu antes (raciocínio explicativo).

Outros aspectos a considerar são a linguagem simples utilizada no modelo, a representação diagramática e visual de conceitos e a demonstração de todas as soluções possíveis para o comportamento do sistema em uma simulação. Tal facilidade faz com que esta tecnologia reúna características imprescindíveis ao aprendizado dos alunos, particularmente dos surdos, uma vez que permite a compreensão das partes que compõem um sistema, da sua totalidade e da sua dinâmica.

Após a construção desse modelo qualitativo, este trabalho desenvolveu-se em direção à elaboração de material didático voltado para o tema aqui

desenvolvido. No capítulo seguinte são descritos os procedimentos adotados para que esse objetivo fosse alcançado.

4 – AÇÕES METODOLÓGICAS

Após reflexão sobre a prática educacional, para estudantes surdos de ensino médio na rede pública de ensino do Distrito Federal, com intuito de reduzir as dificuldades encontradas por alunos surdos em sala de aula e a suprir a carência de recursos didáticos voltados para o ensino de ciências, iniciou-se ação de pesquisa voltada para uma proposta de elaboração de material didático–tecnológico.

A metodologia foi fundamentada na investigação-ação educacional. De acordo com Carr e Kemmis (1988),

A investigação-ação se ocupa do melhoramento das práticas, dos entendimentos e das situações de caráter educativo, se baseia necessariamente num enfoque da verdade e da ação como socialmente construída e incorporada pela história (MION e SAITO, 2001, p.27).

Desta forma, a investigação-ação fornece o arcabouço teórico-prático necessário para esta pesquisa. Essa nova ciência educativa crítica aponta para o compromisso da comunidade escolar em analisar de forma crítica seus entendimentos e situações práticas educativas com vistas a transformar esta realidade. Reconhece professores, investigadores educacionais e estudantes como sujeitos e agentes de mudanças na educação. Habermas (1987) afirma que

uma ciência educativa crítica precisa que seus participantes colaborem na organização de seus próprios conhecimentos (e dos demais), e que estes elaborem estratégias que lhes proporcione avançar no processo de superação das “situações-limite” (FREIRE, 1987), pensando este processo à luz das transformações que pretendem alcançar (MION e SAITO, 2001).

Assim sendo, o presente trabalho investigativo, assume o compromisso prático de engajar a comunidade escolar na realização de um trabalho colaborativo. A coleta de informações decorre de quatro instrumentos: um curso ministrado a professores da área de ensino de ciências; um grupo de estudo formado por informantes surdos falantes/sinalizadores de Libras; validação dos sinais por estudantes surdos e por professores da área de educação de surdos; e elaboração de material didático-tecnológico¹⁴ que implementa a proposta formulada durante este trabalho.

O primeiro instrumento de coleta de informações formado por parceria constituída pela pesquisadora e por professores de ensino médio inclui os professores na produção do conhecimento diretamente relacionado à sua atuação profissional por meio de um curso de extensão ministrado pela pesquisadora. Dessa maneira, é de especial importância a vivência de situações de diálogo como ferramenta do processo de investigação e a imersão do investigador na realidade dos participantes (ELLIOT, 1978 *apud* MION e SAITO, 2001).

O segundo instrumento, denominado grupo de estudo, a pesquisadora coordena o grupo constituído por estudantes surdos com o intuito de conduzir os informantes ao alcance dos objetivos da pesquisa. Neste caso, a pesquisadora participa dos acontecimentos e se relaciona com os informantes a fim de observar a criação de sinais em Libras relacionados à terminologia utilizada em modelos qualitativos.

O procedimento adotado nas etapas de validação dos sinais foi a aplicação de questionário semi-estruturado para avaliação dos sinais criados, pensado para obter informações concretas sobre cada sinal, e ao mesmo tempo

¹⁴ Refere-se a produtos desenvolvidos na área de software educacional (FENNER, 2000).

pensado para permitir respostas espontâneas, oferecendo liberdade ao participante da pesquisa para abordar aspectos relevantes sobre o que pensa (TRIVIÑOS *et al.*, 1999). Este procedimento também foi adotado ao final dos dois primeiros trabalhos colaborativos mencionados acima.

Essas ações de pesquisas convergiram para a elaboração da proposta de material didático-tecnológico, um DVD multimídia interativo.

A seguir são descritos cada um dos instrumentos e seus respectivos procedimentos de coleta de dados.

4.1 – Um Curso para Professores de Ensino de Ciências

Como parte das ações desta pesquisa foi realizado um curso no 1º semestre de 2008 para professores das áreas de ensino de Ciências Físicas e Biológicas no ensino fundamental, e ensino de Biologia, Física, Química e Matemática no ensino médio. Buscou-se nessa ação coletar conhecimentos que pudessem alicerçar a elaboração de materiais didáticos voltados para o ensino de Ciências e que assim contribuíssem para a melhoria do ensino e para o desenvolvimento pessoal e profissional dos envolvidos.

O curso intitulado 'O Uso de Modelos Qualitativos no Ensino de Ciências' foi oferecido pelo Fórum Permanente de Professores, ação vinculada ao Centro de Promoção e Eventos - CESPE da Universidade de Brasília. O Fórum Permanente de Professores¹⁵ (FPP) promove cursos de formação continuada, os quais são sempre

¹⁵ Fórum Permanente de Professores. Disponível em: <www.gie.cespe.unb.br>. Acesso em 16 jan. 2008.

voltados aos interesses dos professores dos ensinos médio e fundamental, da rede pública e das escolas particulares do DF e do Entorno. No ano de 2008 os cursos oferecidos passaram a ter a carga horária distribuída entre horas/aula presencial e horas/aula no ambiente virtual criado pela plataforma Moodle.

4.1.1- Objetivos

O curso foi planejado para atender aos seguintes objetivos:

- contribuir para introduzir modelos qualitativos de simulação no ensino de ciências;
- avaliar o uso de modelos qualitativos como ferramenta didática;
- levantar terminologia utilizada em modelos qualitativos;
- elaborar material didático voltado para a ação docente e
- contribuir para a formação continuada de professores de Ciências.

4.1.2 – Participantes

Participaram dessa etapa de pesquisa oito professores, com idades variando entre 22 e 45 anos. Um professor formado em Ciências Biológicas, outro formado em Ciências Biológicas e Biomedicina, dois com licenciatura em Química, dois com licenciatura em Física, um formado em Geografia e um Engenheiro Agrônomo Especialista em Docência. Desses professores, dois tinham experiência em salas inclusivas de surdos e três, experiência em salas exclusivas de surdos.

4.1.3 - Planejamento

O curso teve a carga horária total de 60 horas/aula distribuídas em 32 horas presenciais – divididas em 8 encontros de 04 horas/aula de duração e 28 horas/aula no Ambiente Virtual de Aprendizagem do Fórum Permanente de Professores. Este ambiente virtual tem suporte no Moodle – Modular Object Oriented Distance Learning¹⁶ – um sistema para gerenciamento de cursos (SGC) que permite a criação de cursos ou disciplinas on-line, grupos de trabalho e comunidades de aprendizagem. Além de viabilizar o desenvolvimento de trabalhos colaborativos, o Moodle permite armazenar todas as informações geradas no decorrer de um processo, as quais podem ser recuperadas a qualquer momento.

A programação do curso contemplou os seguintes aspectos: introdução à modelagem qualitativa e exploração do uso de modelos qualitativos no ensino de Ciências, Biologia, Física, Química e Matemática do ensino fundamental e do ensino médio; estudo dos elementos¹⁷ utilizados em modelos qualitativos (*entidades, configurações, quantidades, valores qualitativos, estados qualitativos, grafo de estados, espaços quantitativos, fragmentos de modelo, processos, influências, proporcionalidades, correspondências, situações descritas, cenários, simulações*); levantamento da terminologia utilizada no ensino dos tópicos relacionados aos modelos; discussão sobre o uso de modelos qualitativos na educação científica de estudantes surdos e ouvintes; exploração de modelos qualitativos; realização de atividades práticas relacionadas aos modelos qualitativos explorados e construção de material didático envolvendo modelos qualitativos. Nessas atividades foram

¹⁶ Trata-se de um programa gratuito, de fonte aberta. Disponível em <<http://moodle.org/>>.

¹⁷ Tratam-se dos primitivos de modelagem.

trabalhados os seguintes modelos: 'Árvore e sombra' (SALLES *et al.*, 2004), 'Bloom de algas' (modelo similar ao modelo 'Árvore e sombra'), 'Desmatamento' (SALLES, BREDEWEG e NUTTLE, 2005), 'Aquecimento global' (modelado nesta pesquisa), 'Riacho Fundo urbano'(SALLES *et al.*, 2006, 2007b), Riacho Fundo rural' (SALLES *et al.*, 2006, 2007b), Riacho Fundo semi-urbano'(SALLES *et al.*, 2006, 2007b), 'Velocidade e aceleração' (modelo construído ao longo do curso) e 'Pilha de Daniel'(SALLES, GAUCHE e VIRMOND, 2004).¹⁸

Seguindo a abordagem de pesquisa colaborativa, realizaram-se durante as aulas presenciais as seguintes atividades: investigação/levantamento de práticas de ensino compatíveis com o uso de modelos em sala de aula; levantamento de conteúdos envolvendo o ensino de Ciências; investigação/levantamento da terminologia utilizada no ensino dos tópicos relacionados aos modelos qualitativos; apresentação/uso de modelos qualitativos abordando tópicos do ensino de Ciências, Biologia, Física e Química. Toda a ação desenvolveu-se em uma perspectiva reflexiva, crítica e colaborativa.

Os procedimentos adotados no planejamento e desenvolvimento do curso foram aula expositiva e atividades práticas no laboratório de informática. Os recursos utilizados foram projetor de multimídia, o programa Garp 3 versão 1.4.6, material impresso e o ambiente virtual de aprendizagem do Fórum Permanente de Professores.

Na etapa final do curso os professores-colaboradores¹⁹ elaboraram material didático em forma de atividades envolvendo o uso de modelos qualitativos e responderam um questionário de avaliação sobre as aplicações educacionais dos

¹⁸ Ressalto que todos os modelos citados foram construídos no software Garp 3.

¹⁹ Refere-se professor-colaborador, o professor que participou da pesquisa durante a realização do curso de extensão.

modelos qualitativos. O questionário era composto de vinte e seis questões objetivas, sendo que em cada questão foi solicitada a explicação ou comentário da resposta assinalada, duas questões discursivas e ainda campo para comentários finais. As questões objetivas apresentaram as seguintes opções de respostas:

{1= [concordo plenamente], 2= [concordo], 3= [talvez], 4=[discordo] e 5= [discordo completamente]} ou {1= [sim], 2= [talvez] e 3= [não]}.

O foco principal das questões foram os aspectos conceituais da linguagem de modelagem, o uso de modelos qualitativos em sala de aula de ensino de Ciências e seu potencial para o desenvolvimento cognitivo de competências e habilidades por estudantes ouvintes e surdos. No cabeçalho do questionário foram solicitadas informações sobre o avaliador, informações já comentadas nesta seção.

Os professores responderam o questionário e postaram os respectivos arquivos no ambiente virtual de aprendizagem.

As questões foram formuladas com base nas competências e habilidades cognitivas, pois representam um conjunto de aspectos de interesse para esta pesquisa e especial atenção foi atribuída à formação de conceitos. Competências e habilidades cognitivas constituem dois aspectos centrais atualmente abordados no sistema de ensino brasileiro. A Universidade de Brasília (UnB), desde 2004, detém um processo seletivo seriado – o Programa de Avaliação Seriada (PAS) –, alternativo ao vestibular. Os objetos de avaliação do PAS foram estruturados em grandes eixos, que se articulam em focos, que, por sua vez, objetivam competências e habilidades específicas.

4.2 – O Grupo de Estudo para Criação de Sinais para o Glossário

Ressalta-se que essa pesquisa tem como premissa básica para o processo ensino aprendizagem de estudantes surdos, a Libras como meio de interação em sala de aula. Assim, considera-se etapa fundamental para elaboração de uma proposta de material didático adequado ao ensino de estudantes surdos, a criação de sinais em Libras relacionados à terminologia utilizada em modelos qualitativos. Para isso, constituiu-se um grupo formado por surdos para criação dos sinais em Libras.

4.2.1 – Objetivos

Os objetivos definidos para o grupo de estudo são os seguintes:

- levantar terminologia existente em Libras relacionada aos modelos qualitativos;
- desenvolver terminologia não existente em Libras relacionada ao modelo qualitativo e
- elaborar glossário²⁰ em Libras a ser utilizado na aplicação de modelos qualitativos ao ensino de Ciências a estudantes surdos.

²⁰ Conforme dicionário eletrônico 'Aurélio' da Língua Portuguesa, o termo glossário refere-se ao vocabulário que figura como apêndice a uma obra. No caso do presente estudo, vocabulário que figura como apêndice aos modelos qualitativos.

4.2.2 - Informantes

Participaram desta etapa de pesquisa seis estudantes surdos do curso de graduação em Letras-Libras da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, pólo UnB turma iniciada em outubro de 2006, o que foi determinante na escolha dos informantes da pesquisa. Considerando o contexto do perfil dos alunos desse curso, a saber, todos surdos, em sua maioria com experiência como instrutores e/ou professores de Libras, e ainda, o fato de estarem cursando o 3º período do curso de graduação, esses alunos já possuíam um conhecimento a respeito da estrutura da Língua de Sinais, pois já haviam cursado disciplinas como Estudos Lingüísticos, Morfologia, Fonética e Fonologia, Sintaxe, Libras I, Libras II; Escrita da Língua de Sinais I e II. Essas características muito contribuíram com a pesquisa aqui proposta.

Entende-se que cabe aos membros da comunidade surda a competência para criar novos sinais. Como já mencionado no capítulo I;

A ausência de sinais para expressar um determinado conceito em Libras prejudica a compreensão de todo o conteúdo ministrado. Por outro lado, somente após a compreensão significativa desse conceito pelos alunos surdos, o sinal correspondente poderá ser criado e incorporado à língua de sinais. (GAUCHE e FELTRINI, 2007, p. 6).

Diante disso, não era prioridade formar um grupo com muitos participantes, mas era importante que os estudantes assimilassem bem os modelos, o conteúdo e os conceitos apresentados, para então, desenvolver sinais correspondentes em Libras; conceitualmente claros e corretos. Assim, o grupo de estudo era coeso, assíduo e participativo. Tratava-se de um grupo piloto, que construiria a proposta de um glossário científico. A experiência deste grupo, sendo

dada a conhecer, pode contribuir para a geração e ampliação da terminologia científica em Libras e de outros grupos de estudo.

Todos os informantes são surdos falantes/sinalizadores de Libras. Esclarece-se que os alunos receberam a designação de *A*, *B*, *C*, *D*, *E* e *F*. *A* apresenta surdez congênita severa/profunda bilateral, tem 22 anos de idade, iniciou o aprendizado de Libras entre 9 e 12 anos de idade, apresenta nível avançado²¹ quanto ao conhecimento de Libras. Aprovado no exame do PROLIBRAS²². *B* também apresenta surdez severa/profunda bilateral, adquirida com 1 ano e 6 meses de idade. O aluno tem 21 anos de idade e iniciou seu aprendizado em Libras antes dos 6 anos, apresenta nível avançado de conhecimento de Libras e atua como instrutor²³ de Libras. *C* apresenta surdez congênita severa/profunda bilateral, tem 27 anos de idade, iniciou o aprendizado em Libras antes dos 6 anos e apresenta nível avançado de conhecimento de Libras. O aluno é formado em Filosofia e atua como instrutor de Libras. Aprovado no exame do PROLIBRAS em ensino de Libras, nível superior. *D* tem surdez congênita severa/profunda bilateral, tem 38 anos de idade, iniciou o aprendizado em Libras antes dos 6 anos de idade, apresenta nível avançado de conhecimento de Libras e atua como instrutor de Libras. *E* tem surdez congênita severa/profunda bilateral, tem 32 anos de idade, iniciou o aprendizado em Libras com 9 anos de idade, com 11 anos teve contato e convivência com surdos adultos o que aprimorou seu aprendizado. Apresenta nível avançado de

²¹ Considera-se nível avançado de conhecimento de Libras aquele indivíduo que compreende/sinaliza de modo eficaz em sua vida social, profissional e acadêmica, expressando-se sobre assuntos complexos de forma clara e bem estruturada, é capaz de reconstituir fatos e argumentos de várias fontes sobre assuntos complexos, distinguir nuances de sentido e significados implícitos (CHAN, 2008, manuscrito não publicado).

²² PROLIBRAS é o exame nacional de proficiência em Língua Brasileira de Sinais.

²³ Denomina-se instrutor de Libras o surdo que ministra aulas de Libras, porém não possui formação em magistério ou pedagogia e denomina-se professor de Libras o surdo com formação no magistério de ensino médio ou em pedagogia.

conhecimento de Libras. Formado em Pedagogia atua como professor de Libras. Aprovado no exame do PROLIBRAS, proficiência em ensino de Libras, nível superior. *F* tem surdez congênita severa/profunda bilateral, tem 30 anos de idade, iniciou o aprendizado em Libras na adolescência e apresenta nível avançado de conhecimento de Libras, graduado em Pedagogia - Licenciatura Plena; com Pós-graduação lato sensu em Língua Brasileira de Sinais - Libras, aprovado no PROLIBRAS, proficiência em ensino de Libras, nível Superior.

4.2.3 – Planejamento

O grupo de estudo foi coordenado pela pesquisadora e antes de iniciar seus trabalhos realizou-se o levantamento da terminologia envolvida em modelos qualitativos e suas respectivas definições. Foram registrados os seguintes termos: *entidades, configurações, quantidades, valores qualitativos de quantidades, magnitude, derivada, espaços quantitativos, processo, influências diretas (I+, I-), proporcionalidades qualitativas (P+, P-), correspondências (Q,V), cenários, estado do sistema, grafo de estados, comportamento do sistema, trajetória do sistema, diagramas de valores das quantidades, modelo causal, pressupostos e raciocínio qualitativo.*

Após o levantamento, com o objetivo de localizar o significado correspondente a cada termo e detectar se estes já haviam sido registrados na Libras, os termos foram consultados em três dicionários de Libras considerados entre os mais divulgados atualmente, conforme Marinho e Carvalho (SALLES *et al.*,

2007a), a saber, Dicionário Digital da Língua Brasileira de Sinais (LIRA e SOUZA, 2005) publicado pelo Instituto Nacional de Educação de Surdos – INES (2001 e 2005), Dicionário de Libras Ilustrado da Secretaria de Educação do Governo de São Paulo (s.d.) e Dicionário Enciclopédico Trilíngüe da Língua de Sinais Brasileira (CAPOVILLA e RAPHAEL, 2001). Tratam-se de dicionários genéricos, portanto, a cobertura de termos científicos é muito limitada.

O desenvolvimento dos sinais relacionados ao glossário de modelos qualitativos pelo grupo de estudo se deu em três etapas. Na primeira, o foco foi a compreensão dos modelos qualitativos pelos informantes surdos; na segunda, a criação de sinais e posterior registro dos mesmos em vídeo e na terceira etapa, realizou-se a validação dos sinais criados. Para isso foram realizados encontros semanais na Escola de Informática da Universidade de Brasília – UnB, com duração de 2 a 3 horas em cada encontro.

4.3 - Validação dos Sinais por Estudantes Surdos Universitários

Após a criação dos sinais pelos componentes do grupo de estudo, compreende-se que estes precisavam ser apreciados pela comunidade surda para então serem aceitos e validados.

Então, partiu-se para outra etapa de procedimento metodológico, a de validação dos sinais.

4.3.1 Objetivos

Constituem objetivos desta etapa:

- avaliar cada sinal do glossário relacionando significante e significado e
- validar os sinais junto à comunidade surda.

4.3.2 – Participantes

Foram participantes dessa ação estudantes surdos do curso de Graduação em Letras Libras da Universidade Federal de Santa Catarina – pólo Universidade de Brasília. Aceitaram participar da pesquisa dezessete alunos. Vale

ressaltar o perfil desses participantes; dentre eles quatro já possuem curso superior, dez são instrutores de Libras e cinco são professores.

4.3.3 – Planejamento

Para validação dos sinais por estudantes surdos universitários, a pesquisadora apresentou o projeto de pesquisa, distribuiu o termo de consentimento livre e esclarecido, explorou um modelo qualitativo simples (modelo 'Árvore e sombra') e apresentou um vídeo com o glossário da terminologia de modelos qualitativos em Libras. Em seguida, passou-se à avaliação dos sinais correspondentes à terminologia utilizada em modelos qualitativos. Foi utilizado um questionário em que, para cada sinal, havia três opções de escolha: {concordo, talvez, discordo}. Além disso, havia espaço para comentários. Essa etapa foi registrada em vídeo e teve a duração de duas horas.

4.4 - Validação dos Sinais por Professores de Surdos

Para a apropriação dos sinais criados pela comunidade surda no ambiente escolar, compreende-se a importância da participação dos professores de surdos na etapa de validação dos sinais.

4.4.1 – Participantes e Objetivos

Para essa etapa foram convidados professores com experiência em educação de surdos com o objetivo de avaliar em cada sinal do glossário a relação significante - significado, a clareza e o grau de dificuldade apresentado para expressar seu respectivo conceito.

Participaram dessa etapa sete professores com conhecimento em Língua Brasileira de Sinais - Libras. Dentre eles, quatro professores graduados em Letras, um graduado em Licenciatura em Língua Portuguesa, um licenciado em Química²⁴, um mestrando em Educação e um mestre em Lingüística. Este último não é professor de surdos, mas realizou em seu mestrado pesquisa na Língua Brasileira de Sinais.

Em relação ao tempo de experiência com alunos surdos, dois professores têm experiência superior a dez anos, um tem experiência entre cinco e dez anos e dois com experiência inferior a cinco anos. Dois participantes são pesquisadores da área de estudos surdos²⁵, porém não têm experiência em sala de aula com alunos surdos.

Quanto ao nível educacional em que os professores atuam, um tem experiência em todos os níveis de ensino da educação básica ao ensino superior, um tem experiência na primeira fase do ensino fundamental, um com experiência na segunda fase do ensino fundamental e dois com experiência no ensino médio.

²⁴ Este professor também participou como professor-colaborador e avaliador no curso de extensão.

²⁵ Trata-se de uma nova perspectiva, que aproxima a surdez dos Estudos Culturais. Ver Skliar e Lunardi (2000).

4.4.2 - Planejamento

A avaliação dos sinais por professores obedeceu ao seguinte planejamento: na primeira parte, a pesquisadora apresentou os objetivos da pesquisa, o termo de consentimento livre e esclarecido, realizou uma breve explicação em PowerPoint sobre Raciocínio Qualitativo e Modelos Qualitativos e demonstrou o modelo 'Árvore e sombra' – um modelo qualitativo simples para compreensão da terminologia utilizada. Em seguida, dois informantes surdos apresentaram o glossário em Libras. Na segunda parte, os professores responderam um questionário semi-estruturado para avaliação dos sinais quanto à clareza e quanto ao grau de dificuldade. Cada elemento de modelagem foi sinalizado e retomado seu conceito à medida que os professores respondiam o questionário.

Toda essa etapa foi registrada em vídeo.

4.5 - Uma Proposta de Material Didático – Tecnológico (Multimídia)

Para esta etapa de pesquisa optou-se pela produção de um DVD interativo como material multimídia didático-tecnológico, tendo em vista que a Libras apresenta modalidade espaço-visual e esse tipo de recurso confere aos alunos surdos o acesso a sua língua materna como meio de instrução. Esse material teve como premissa básica a perspectiva bilíngüe: a Língua Brasileira de Sinais como primeira língua e a Língua Portuguesa como segunda língua.

4.5.1 Objetivos

Constituem objetivos específicos dessa etapa de pesquisa:

- desenvolver recurso didático aplicado ao processo ensino-aprendizagem de Português como 2ª língua a educação científica de surdos, tendo como fundamento a abordagem bilíngüe;
- desenvolver material didático baseado em modelos qualitativos;
- desenvolver ilustrações adequadas aos modelos qualitativos abordados no material didático proposto;
- editar material didático-tecnológico em DVD.

4.5.2 - Participantes

A coordenação e execução da proposta de elaboração do material didático foram realizadas pela pesquisadora e seu orientador. Atuaram como colaboradores:

- uma aluna da graduação em Biologia, na ilustração dos modelos causais;
- uma mestranda no apoio à tradução dos textos e ensaio dos atores surdos;
- uma mestra e uma Profª Drª em lingüística na elaboração do texto para diálogo; e
- quatro atores surdos, informantes e participantes da pesquisa.

4.5.3 - Planejamento

Para construção do DVD intitulado 'O uso de modelos qualitativos na educação científica de estudantes surdos e ouvintes', foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- planejamento do roteiro do material multimídia;
- seleção de modelos qualitativos, fragmentos de modelo, cenários, grafos, diagramas e modelos causais para o material instrucional;
- planejamento e elaboração do glossário;
- encontros com os informantes surdos para estudo e tradução do roteiro de apresentação dos modelos para Libras;
- ensaios dos roteiros em Libras com os informantes surdos que participaram da etapa do grupo de estudo e que nessa etapa de pesquisa assumiram a função de atores surdos;
- gravação do glossário e dos vídeos para edição do DVD instrucional que constituirá o material didático-tecnológico.

O modelo 'Aquecimento global' foi construído para ser o principal modelo aplicado no material didático, entretanto, considerando sua complexidade, o modelo 'Árvore e sombra' foi escolhido para a introdução de modelos qualitativos e de seus elementos de modelagem.

Dessa forma, foram realizadas além das ações descritas acima, revisão das filmagens, gravação de áudio, sincronização do vídeo em Libras com o áudio em Língua Portuguesa e por fim, a edição do DVD.

Para edição do DVD, o menu obedeceu a seguinte organização:

- apresentação;
- vídeo em Libras explorando o 'modelo Árvore e sombra';
- vídeo em Libras explorando o 'modelo Aquecimento global';
- glossário da terminologia de modelos qualitativos;
- glossário dos termos utilizados no 'Aquecimento global';
- textos de enriquecimento sobre os temas abordados;
- arquivos para download e
- créditos

No capítulo seguinte são apresentados os resultados dos procedimentos aqui descritos.

5 – RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados produzidos por meio do Curso 'O uso de modelos qualitativos no ensino de ciências' e do Grupo de estudo de estudantes surdos. As etapas de validação do material produzido nesta pesquisa serão descritas no capítulo seguinte. Todas essas ações forneceram dados para elaboração do material didático proposto nesta pesquisa e descrito na última seção deste capítulo.

5.1 – Criando Atividades para Explorar Modelos Qualitativos

Durante o curso “O uso de modelos qualitativos no ensino de ciências” (seção 4.1), os professores-colaboradores apresentaram as atividades elaboradas conforme orientação para realização da atividade III postada no ambiente virtual, descrita a seguir:

Atividade III - Elaborar atividades para o ensino de ciências envolvendo o uso de modelos qualitativos.

Com base nos modelos qualitativos trabalhados durante o curso, vocês deverão escolher três modelos causais e criar atividades para seus alunos.

Veja na biblioteca geral o arquivo 'seleção de modelos causais - vs2'
Identifique na atividade o nível de escolaridade dos alunos.

Os professores foram identificados pelas letras em maiúsculo *N*, *O*, *P*, *Q*, *R*, *S*, *T* e *U*. Embora a atividade apenas solicitasse a elaboração de atividades, dois professores (*N* e *O*) que trabalham com surdos em escola pública, planejaram e executaram uma aula com modelos. Esses professores relataram a aula que ministraram na escola, no horário do atendimento complementar, para três

estudantes surdos do 8º ano do ensino fundamental sobre o tema 'Desmatamento' utilizando modelos causais explorados no decorrer do curso. As etapas de planejamento dessa aula, em ordem de execução, foram:

1 - apresentação do modelo causal sem nenhuma explicação. Os professores indagaram aos alunos se conheciam o modelo e o que ele significava. Os alunos tiveram uma reação de estranhamento;

2 - exploração do vocabulário em Libras com apoio de imagens relacionadas ao tema;

3 - exploração do modelo causal referente ao 'Desmatamento'.

Os professores destacaram que a aula foi ministrada em Libras e que os mesmos não possuem um domínio da língua de sinais. Afirmaram que ao final da aula perceberam claramente a compreensão dos alunos surdos sobre o tema e a incorporação do novo vocabulário pelos mesmos. Entretanto, enfatizaram as dificuldades encontradas, como a dificuldade do professor para se expressar em Libras – disseram não ter domínio fluente em Libras, a falta de sinais para expressar o vocabulário envolvido: por exemplo *taxa* (afirmaram que se trata de um conceito de difícil compreensão pelos alunos), *desmatamento*, *vegetação*, *devastação*, *biodiversidade*, *madeireiros*, pois os próprios alunos não conheciam os sinais.

O professor *P* propôs o trabalho com modelos partindo de uma atividade prática em laboratório, que explora o processo de erosão relacionando com a permeabilidade do solo. Após a atividade em laboratório, o professor sugere a aplicação de uma atividade sobre o processo de erosão com o uso de modelos qualitativos. A atividade é direcionada para a 5ª / 6º ano do ensino fundamental.

O professor-colaborador *Q* propôs atividades para o 7º ano do Ensino Fundamental, envolvendo modelos causais obtidos pelo modelo 'Desmatamento' e

pelo modelo 'Aquecimento global'. E ainda sugeriu, em uma das aulas presenciais do curso, um trabalho com crianças usando o próprio corpo e postou a seguinte mensagem no contato²⁶ do ambiente virtual:

“Oi, já estou planejando para o 3º bimestre a implantação dos modelos qualitativos com meus pesquisadores. Primeiro farei as demonstrações teóricas e depois vamos para prática. A prática será a representação dos agentes, entidades, influências diretas (I+,I-), proporcionalidades qualitativas (P+,P-) pelas próprias crianças. Por exemplo: se for o modelo Impacto do Desmatamento, uma criança se vestirá de madeireiro, outra pode usar uma roupa toda verde representando a vegetação e outra com roupas caqui representando a terra sem vegetação, aquelas que forem representar as taxas, P+ e P- farão uma placa com os símbolos. E, de acordo com o modelo causal ou fragmento de modelo, vamos procurar a roupa, placas e o que for necessário para representação. Pretendo trabalhar do 1º ao 9º ano.”

O professor-colaborador *R* elaborou atividades envolvendo a Física. Para isso, utilizou modelos causais e diagramas de valores obtidos pela simulação do modelo qualitativo 'Velocidade e aceleração'.

A atividade proposta por *S* para alunos da Educação de Jovens e Adultos (EJA) supletivo, II segmento, 6ª série, aborda dois modelos causais gerados pela simulação do modelo 'Bloom de algas' e do modelo 'Desmatamento'. *T* explora conteúdos teóricos relacionados ao reino dos seres vivos, especialmente o reino monera e na segunda atividade explorou o tema desmatamento e aspectos do conteúdo de Biologia.

Outros dois professores, *U* e *V* elaboraram questões objetivas baseadas em modelos causais. Esses professores foram bastante perspicazes na elaboração de suas atividades; inseriram ilustrações relacionadas às questões e ao modelo causal. Também contextualizaram todas as questões elaboradas.

²⁶ No contato são postadas mensagens entre dois participantes do ambiente virtual.

Diante disso, o grupo discutiu a terminologia usada para descrever os conceitos mais relevantes, identificou e analisou os primitivos de modelagem usados para representar esses conceitos e participou na melhoria do material didático produzido para explorar modelos. Os professores também foram envolvidos em atividades de avaliação dos modelos e dos sinais criados para expressar os primitivos de modelagem, descrito no capítulo 6.

O principal produto dessas atividades foi um conjunto de atividades explorando os modelos. Algumas dessas atividades podem ser vistas no apêndice 1. A estrutura destas atividades foi a mesma utilizada em estudos anteriores sobre o uso de modelos qualitativos pelos alunos surdos (Salles *et al.* 2004; 2005). Nessas atividades os alunos são testados sobre a compreensão (i) dos aspectos representacionais, como quantidade, objeto (questões para responder - de múltipla escolha/preencher lacunas), por exemplo: quais são os objetos do modelo?; qual é o valor da quantidade X no estado 2?; a quantidade Y no estado 3 está aumentando ou diminuindo?, (ii) do diagrama do modelo causal (responder perguntas observando o diagrama, as setas indicando influências positivas e negativas), por exemplo: quando o processo P está ativo, a taxa de R ocasiona aumento da quantidade X; quando quantidade X está aumentando, a quantidade Y está diminuindo; (iii) das relações de causa-efeito nas implicações se-então (mediante o preenchimento de lacunas em branco), por exemplo: SE a quantidade X está crescendo, ENTÃO a quantidade Y diminui, a quantidade Z está aumentando, e a quantidade W está diminuindo. Eles foram também testados em (iv) fornecer explicações sobre o modelo causal (mediante o preenchimento de espaços em branco), por exemplo: quantidade W está diminuindo porque a quantidade Z está aumentando, e a quantidade Y está diminuindo porque é cada vez maior a quantidade X. Finalmente,

(v) apoiados ou não em modelos causais obtidos em uma simulação, os alunos são convidados a escrever um pequeno ensaio sobre um tópico apresentado como um problema.

5.1.1 - Fórum do Ambiente virtual

No ambiente virtual foram estruturados fóruns para esclarecimento de dúvidas, notícias com informações sobre o curso, discussão das atividades, disponibilização de material e arquivos, contato e interação entre professores ministrantes do curso e professores-colaboradores, preenchimento do questionário de avaliação e envio das atividades elaboradas pelo professor-colaborador.

Abaixo seguem algumas impressões dos professores-colaboradores coletadas nos fóruns do ambiente virtual após a avaliação das aplicações educacionais dos modelos ao responder o questionário da atividade II.

“A abordagem dos modelos qualitativos facilita a percepção pelo aluno da inter-relação entre as diversas áreas do conhecimento humano”.

“A atividade II nos leva à posição dos alunos. Nos faz pensar como professor e aluno. Quais as dificuldades e aprendizados que tivemos como alunos no curso? Nos leva também a refletir sobre como vamos apresentar as ferramentas dos modelos causais para crianças, mesmo acreditando que elas absorvem com mais facilidade algo novo, principalmente quando se trata do mundo virtual.”

“A utilização dos modelos qualitativos em estudos e atividades de um determinado assunto desenvolverá aprendizados distintos para qualquer aluno/a, que tenha conhecimento prévio da realidade, seja por figuras, filmes, visitas de campos, vivência pessoal no dia-a-dia, entre outros. Com isso, esse/a aluno/a terá uma maior facilidade de assimilar os conhecimentos adquiridos junto ao modelo qualitativo, identificando informações e associando-as a significados já conhecidos”.

“A atividade II contribuiu para pensarmos e refletirmos sobre desafios e soluções na inserção dos modelos qualitativos em salas aulas. São

vários os obstáculos que existem e não de vir, tais como falta de apoio institucional, falta de equipamentos, entre outros”.

“Logo, desenvolver esses conhecimentos adquiridos por meio de projetos educacionais, sejam disciplinares ou interdisciplinares, trará aos/às alunos/as maior capacidade de diálogo para propor possíveis soluções, contribuindo assim para a formação de um/a cidadão/ã preocupado/a, crítico/a e ciente dos acontecimentos antrópicos ou naturais: sociais, econômicos e ambientais.”

“O uso dos modelos qualitativos possibilita ao aluno melhor compreensão da relação causa-efeito de um fenômeno. Este entendimento é essencial no ensino de Ciências.”

No geral, pode-se verificar que as respostas foram bastante homogêneas em considerar positiva a aplicação educacional de modelos qualitativos.

5.2 – Glossário de Sinais Representando os Primitivos de Modelagem

Constituído por etapas de trabalho, conforme apresentado na seção 4.2, o grupo de estudo teve em sua primeira etapa três encontros descritos a seguir.

No primeiro encontro, a pesquisadora apresentou os objetivos da pesquisa, introduziu a abordagem de raciocínio qualitativo utilizando um modelo simples sobre o processo de crescimento de uma árvore e sua relação com a formação de sombra e com a temperatura do solo. Os elementos de modelagem (vocabulário e conceitos); entidades, quantidades, fragmentos, cenário, simulação, grafo de estados qualitativos, modelo causal foram introduzidos e explorados pela pesquisadora numa abordagem interativa em Libras.

No segundo encontro, a pesquisadora apresentou o modelo 'Bloom de algas', explicou o fenômeno sobre a proliferação excessiva de algas em um determinado ambiente e explorou novamente os elementos de modelagem junto aos alunos. Percebeu-se nos alunos o domínio da linguagem específica dos modelos e a

compreensão dos conceitos envolvidos, pois os alunos interagiram com a pesquisadora e responderam prontamente as questões levantadas: a) se a taxa de crescimento de algas é positiva, então o que acontece com a biomassa de algas?; b) se a biomassa de algas aumentar, o que acontece com a quantidade de veneno no lago?; c) se o veneno no lago aumentar, o que acontece com a quantidade de peixes?; d) se a biomassa de algas diminuir, o que acontece com a quantidade de veneno no lago?; e) e com a quantidade de peixes? e d) o que é um 'bloom de algas'?

É interessante notar que desde o primeiro encontro os alunos naturalmente criavam sinais para expressar a terminologia e conceitos abordados (especialmente *D* e *F*); antes mesmo da pesquisadora concluir a explanação do modelo, eles já davam formas às mãos e discutiam como um determinado conceito poderia ser expresso em Libras. Assim, evidenciou-se de forma visual a compreensão dos conceitos discutidos; algo abstrato como a capacidade de compreender, pode ser visto expresso no formato e nos movimentos das mãos, ou seja, é evidente que os alunos compreenderam o modelo, porque gerou algum nível de abstração que motivou os alunos a expressarem sua compreensão por meio da língua de sinais.

No terceiro encontro, a pesquisadora retomou o modelo 'Bloom de algas' e apresentou ilustrações²⁷ baseadas no modelo causal obtido pelo simulador Garp3, ressaltando para os informantes que as mesmas farão parte do material didático proposto. Os alunos manifestaram-se de maneira bem entusiasmada e todos acharam a ilustração bem clara e adequada para inserção em material didático voltado para o ensino de alunos surdos. A pesquisadora insistiu para que os

²⁷ Desenvolvidas pela designer instrucional do material aqui proposto, Isabella Gontijo, aluna do curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade de Brasília.

informantes avaliassem a ilustração criticamente, mas os mesmos foram enfáticos em afirmar que as ilustrações estavam ótimas. Nesse mesmo encontro foram apresentadas ainda as ilustrações referentes aos modelos causais gerados pela simulação dos modelos 'Árvore e sombra' e 'Desmatamento'. Os informantes aprovaram as ilustrações e apenas um aluno sugeriu que a ilustração que representa 'terra sem vegetação' no modelo 'Desmatamento' mostrasse apenas terra e pedra.

5.2.1- Criação e Registro dos Sinais

Verificada a compreensão dos modelos qualitativos pelos alunos, iniciou-se a segunda etapa do trabalho, etapa de criação e registro dos sinais elaborados. A terminologia a ser sinalizada foi registrada em língua portuguesa no quadro branco. A partir desse momento, a pesquisadora autorizou os informantes a proceder à criação e definição dos sinais. Embora, desde o primeiro dia já surgissem alguns sinais, como mencionado acima, a pesquisadora pediu ao grupo que priorizasse a compreensão dos conceitos envolvidos para posterior criação dos sinais. No final desse encontro, *F* registrou em escrita de língua de sinais²⁸ a terminologia seguinte: *entidade, quantidade, influência direta (I+ e I-), proporcionalidade (P+ e P-), correspondências Q e V, valores qualitativos, modelo causal*. Os sinais gerados também foram registrados em vídeo. Em seguida, a pesquisadora apresentou novamente as ilustrações e orientou uma análise quanto à disposição dos elementos, título, quantidade de estados, disposição do modelo causal,

²⁸ O sistema de escrita da língua de sinais utilizado foi o *signwriting*. Para saber mais consulte <www.signwriting.org>. No Brasil a pesquisadora surda Marianne Stumpf é especialista nesse sistema adaptado a escrita da Libras.

padronização das ilustrações, etc. Os informantes discutiram e contribuíram com sugestões. Sendo assim, as ilustrações referentes ao modelo 'Árvore e sombra' foram utilizadas na elaboração do material didático.

Em outra reunião, os alunos discutiram e criaram os sinais para designar: *configurações, magnitude, derivada, espaço quantitativo, correspondência inversa (Q ↓), cenário, estado do sistema, grafo de estados, trajetória do sistema, diagrama de valores*. Vale ressaltar que muitos desses sinais já haviam sido discutidos. No entanto, não haviam sido registrados no encontro anterior.

Nos dois últimos encontros, com a presença de todos os informantes, os sinais criados foram apreciados e aceitos, por consenso, pelo grupo de informantes.

5.2.2 - Glossário em Libras

Como principal resultado do grupo de estudo, obteve-se dois glossários em Libras, um glossário contendo a terminologia²⁹ usada em modelos qualitativos (Apêndice 2) e outro, contendo a terminologia relacionada ao tema aquecimento global.

O glossário de modelos qualitativos envolve de 32 termos: *inteligência artificial, raciocínio qualitativo, modelos qualitativo, fragmento de modelo, sistema, entidade, propriedades, quantidades (variáveis), magnitude, derivadas, valores qualitativos, espaço quantitativo, configuração, processos, influência, taxa, influência direta I +, influência direta I-, proporcionalidade qualitativa P +, proporcionalidade qualitativa P-, correspondência Q, correspondência V, pressuposto, agente, cenário,*

²⁹ Faulstich (2003) argumenta que a terminologia produz termos que se inserem no vocabulário especializado, que se utiliza de conceitos específicos.

estado qualitativo, grafo de estado, trajetória, comportamento do sistema, diagrama de valores, modelo causal e rodar a simulação. Dentre esses, detectou-se termos que constituem unidades terminológicas complexas (UTC). De acordo com Faulstich,

A construção de terminologias complexas é um fenômeno que se dá num contínuo conceitual que vai do + geral ao + específico. No lugar de formativo + geral está uma base lexical de caráter genérico que opera um significado abrangente e da língua comum, ou mais próximo desta. A base sustenta um predicado, organizado por meio de argumentos, que atribuem à base o caráter particularizante de ‘especialidade’ e forma a unidade terminológica complexa (UTC), (...) (FAULSTICH, 2003, p.14).

Dessa forma, no âmbito deste estudo, constituem unidades terminológicas complexas: *inteligência artificial, raciocínio qualitativo, modelo qualitativo, fragmento de modelo, propriedades do sistema, valores qualitativos, espaço quantitativo, influência direta I +, influência direta I-, proporcionalidade qualitativa P +, proporcionalidade qualitativa P-, correspondência Q, correspondência V, estado qualitativo, grafo de estado, comportamento do sistema, diagrama de valores, modelo causal.* E constituem termos gerados para o glossário: *sistema, entidade, quantidades (variáveis), magnitude, derivadas, configuração, processos, influência, taxa, pressuposto, agente, cenário, trajetória* e a expressão ‘*rodar a simulação*’.

Com base no postulado proposto por Faulstich (2003), a unidade terminológica complexa *modelo qualitativo* é composta pela base lexical *modelo* que sustenta o predicado³⁰ *qualitativo*. *Modelo* é um termo genérico de fácil inferência conceitual; entretanto, *modelo-qualitativo* é a base do termo complexo, pertencente à área científica que significa ‘modelos construídos com conhecimentos incompletos a respeito de um sistema’. Assim, o termo *modelo* não se refere mais a qualquer

³⁰ O predicado atribui característica, propriedade à base.

modelo, mas àquele que carrega o atributo qualitativo. Esse contínuo conceitual que vai do mais geral ao mais específico confere à terminologia o caráter de 'especialidade'. Outra análise pode ser feita com a UTC fragmento de modelo, a base fragmento pertence ao léxico comum, por isso mesmo é uma base dependente de argumentos³¹, os quais atribuirão o caráter de especialidade requerido. Nesse caso, os argumentos são representados por formativos preposicionados que conferem o conceito à unidade terminológica complexa. Orientando-se por esse entendimento, depreende-se as UTCs *comportamento do sistema, estado do sistema, grafo de estados, diagrama de valores e propriedades do sistema*. Outro caso que pode ser analisado conforme o postulado estudado, trata de expandir a base por meio de formativos adjetivais, como pode-se citar o caso de *raciocínio qualitativo, valor qualitativo, espaço quantitativo e proporcionalidade qualitativa*.

A análise lingüística dos termos criados não é objeto desta pesquisa. Contudo, a finalidade deste breve comentário é justificar as 'unidades terminológicas complexas' que compõem o glossário, mostrar como os termos reúnem traços essenciais na formação do conceito e no funcionamento da terminologia.

Ressalte-se que, antes de definir os termos que compõem os glossários, foi consultado o Dicionário Enciclopédico Ilustrado Trilíngüe da Língua de Sinais Brasileira (CAPOVILLA e RAPHAEL, 2001)³² e nele não foram encontrados correspondentes. Também foram utilizados para consulta o Dicionário de Libras Ilustrado (s.d.) e o Dicionário Digital da Língua Brasileira de Sinais (LIRA e SOUZA, 2005). Nesses últimos também não se encontraram correspondentes. Destaca-se

³¹ Argumentos são constituintes exigidos pela semântica do predicado,(cf. Neves, 2000, *apud* Faustich, 2003).

³² Iniciativa sem paralelo no Brasil, o Dicionário da Língua de Sinais Brasileira (Libras) é resultado de vários anos de pesquisa realizada pelos autores junto a professores especializados em educação de surdos e informantes portadores de surdez, com o objetivo de fornecer um instrumento para a educação bilíngüe no Brasil.

que foram considerados para consulta cada termo constituinte da UT. Em alguns casos encontrou-se correspondente, mas devido à polissemia³³ identificada na Língua Portuguesa, o significado não coincidia. Como exemplo, podemos citar *processo*, que na linguagem de modelagem qualitativa significa ‘o mecanismo que determina alguma mudança no sistema’ e em um dos dicionários foi encontrado o significado relacionado à atividade judicial. Outro exemplo é o termo *entidade*, definido na linguagem de modelagem como ‘cada um dos objetos envolvidos no sistema’ e em um dos dicionários estava definido como ‘entidade de classe’.

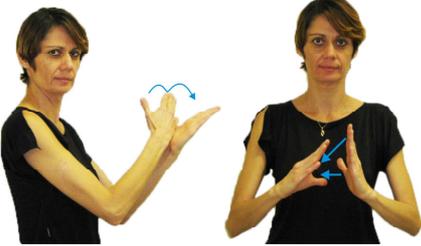
A terminologia – relacionada aos primitivos de modelagem – foi criada pelo grupo de estudo. Entretanto, os termos *fragmento*, *modelo*, *processo*, *inteligência artificial*, *simulação*, *influência* e *taxa*, também incorporados ao glossário, constituem sinais utilizados pela comunidade surda de Brasília. Porém, não foram encontrados registros desses termos nos dicionários consultados.

O glossário foi registrado em imagem digital (Apêndice 2) e em vídeo.

A seguir têm-se exemplos extraídos do glossário em Libras³⁴, gerado pelo grupo de estudo, da terminologia de modelos qualitativos. O quadro 3 mostra em uma coluna a imagem do sinal da Libras com as setas indicando o movimento da mão, na coluna do meio o sistema de transcrição de sinais e na última coluna a representação do sinal em Língua Portuguesa:

³³ Em língua portuguesa tem-se um termo com vários significados não necessariamente afins.

³⁴ Para ilustrar os sinais da Libras gerados no desenvolvimento dessa pesquisa, foram utilizados registros em imagem digital dos informantes surdos, usuários da Libras. As imagens foram registradas pela pesquisadora e pela mestrandia Mônica Resende. Posteriormente, as imagens foram trabalhadas nos programas ‘Adobe Photoshop’ e ‘CorelDraw’ pela designer e mestrandia Isabella Gontijo, para indicação dos movimentos e edição das imagens. Destaca-se que os movimentos foram identificados pela pesquisadora e discutidos com os informantes surdos.

SINAL	SISTEMA DE TRANSCRIÇÃO DE SINAIS	LÍNGUA PORTUGUESA
 <p>Raciocínio Qualitativo</p>	<p>HABILIDADE - RACIOCINAR</p> <p>AUMENTAR(md)^ DIMINUIR(me)^ DIMINUIR (md)^ AUMENTAR (me)</p>	<p>Raciocínio</p> <p>Qualitativo</p>
 <p>Fragmento de Modelo</p>	<p>PARTE MODELO</p>	<p>Fragmento de Modelo</p>
 <p>Cenário</p>	<p><GERAL>cl</p>	<p>Cenário</p>
 <p>Agente</p>	<p>IR(mc)^ VOLTAR(n)</p>	<p>Agente</p>

Quadro 3. Exemplos de termos gerados para o glossário em Libras

Os recursos gráficos utilizados para transcrever sinais em Português foram tomados de Quadros e Karnopp (2004). As setas expressando as mãos e os movimentos da cabeça são parâmetros³⁵ para constituição do sinal em Libras.

³⁵ Parâmetro é cada constituinte mínimo de um sinal formado nas Línguas de Sinais.

Os sinais da Libras estão representados com letras maiúsculas da Língua Portuguesa. Observa-se no quadro 3 a transcrição da UTC *raciocínio qualitativo*, o registro do hífen indica que existe um único sinal em Libras para representar dois ou mais termos da Língua Portuguesa. E conforme Felipe (2001) quando dois ou mais sinais em Libras (sinal composto) são utilizados com a idéia de um único conceito, são representados por dois ou mais termos da Língua Portuguesa separados pelo símbolo (^).

Outra observação deve ser feita para a transcrição do termo *cenário*. “Algumas configurações de mão são utilizadas de forma padrão para identificar os classificadores que referem sinais que podem incluir outras informações: < >cl” (QUADROS e KARNOPP, 2004, p. 41). Neste caso, tem-se a forma utilizada em Libras para expressar o termo *geral*.

As marcas não-manuais, quando associadas aos sinais manuais, são indicadas por meio das letras iniciais do tipo de marcação. Por exemplo, ‘mc’ para movimento de cabeça e ‘n’ para negação, ambos representados no termo *agente*.

O sistema de transcrição de sinais aqui registrado é uma tentativa de expressar em Língua Portuguesa o significado do sinal ilustrado, mas, por se tratar de um “processo altamente complexo quando se utiliza a escrita correspondente que já existe em uma determinada língua” (QUADROS e KARNOPP, 2004, p.37), reconhece-se a sua limitação.

Para fins didáticos, foi elaborado outro glossário, este relacionado ao conteúdo abordado no modelo ‘Aquecimento global’. Os termos são: *agricultura, agropecuária, desmatador, empreendedor, investimento, pecuária, poluentes e as unidades terminológicas complexas mudanças climáticas, mudanças na vegetação, produtos agropecuários, produtos industriais, resíduo industrial e resíduo queimado*.

5.3 - Material Didático Produzido

As atividades descritas acima contribuíram para a melhor compreensão do que é necessário para o desenvolvimento de atividades educacionais e materiais didáticos baseados em modelos de RQ para estudantes surdos (e ouvintes). O DVD criado sobre os modelos 'Árvore e sombra' e 'Aquecimento global' é uma 'prova de conceito' desse entendimento. O material didático-tecnológico foi planejado na forma de um DVD interativo e instrucional (Apêndice 3). O produto final foi um DVD com a seguinte organização:

- Abertura (filmagem em Libras e áudio em Língua Portuguesa)

Um ator surdo inicia a apresentação dizendo o título do DVD ("O uso de modelos qualitativos na educação científica de estudantes surdos e ouvintes"), o nome do projeto ao qual este material está relacionado (Português como segunda língua na educação científica de alunos surdos) e o nome da Universidade de Brasília. Simultaneamente, o respectivo texto é falado em Português.

- Apresentação (filmagem em Libras e áudio em Língua Portuguesa)

O ator surdo explica que se trata de um material didático-tecnológico bilíngüe, aplicado ao processo de ensino e aprendizagem de Ciências. Em seguida, o ator introduz raciocínio e modelos qualitativos. Simultaneamente, o respectivo texto é falado em Português.

- Vídeo-aula³⁶ do modelo 'Árvore e sombra' (filmagem em Libras e áudio em Língua Portuguesa)

O ator surdo introduz os conceitos raciocínio e modelo qualitativo. Em seguida, apresenta um modelo qualitativo. Escolheu-se um modelo simples e de fácil compreensão para introduzir o assunto. Este modelo desenvolve tema sobre o processo de crescimento da árvore e apresenta a relação entre sua biomassa, sua sombra e a temperatura do solo. Este constitui o primeiro passo que o aluno e o professor deverão percorrer para compreensão de modelos qualitativos. Durante a vídeo-aula, os elementos de modelagem são apresentados e explorados passo a passo, juntamente com a representação diagramática correspondente. Ilustrações foram inseridas em determinados trechos para enriquecer e facilitar a compreensão e a relação da imagem visual com a idéia abstrata demonstrada no conceito. Simultaneamente, o respectivo texto é falado em Português.

- Vídeo-aula do modelo 'Aquecimento global' (filmagem em Libras e áudio em Língua Portuguesa)

Após a compreensão do modelo 'Árvore e sombra', alunos e professores podem acessar a vídeo-aula que aborda um tema mais complexo: o modelo 'Aquecimento global'. Observou-se em seu planejamento o crescimento gradual de dificuldades: parte-se do menos complexo para o mais complexo até atingir toda a cadeia de causalidade.

Um texto de apoio é disponibilizado em Português escrito e cria um contexto para o conteúdo do modelo, preferencialmente para ser lido no início das atividades. Durante a apresentação, o processo de modelagem é explicado

³⁶ Termo utilizado pelo curso de Graduação em Letras Libras para designar o vídeo de uma aula ministrada em Libras.

enquanto os primitivos de modelagem são introduzidos. A explicação do modelo 'Aquecimento global' se inicia com um pequeno filme mostrando cenas de conseqüências drásticas do aquecimento global e, em seguida, tem-se um diálogo sobre o tema. O processo de modelagem é descrito passo a passo, seguindo a abordagem de modelagem composicional (FALKENHAINER e FORBUS, 1991): alguns fragmentos de modelo - cenário - simulação; mais fragmentos de modelo - novo cenário - nova simulação, e assim por diante. O modelo é melhorado sucessivamente até que o resultado final seja alcançado; um modelo causal envolvendo toda a cadeia de causalidade identificada no sistema de interesse. O ator surdo explica os conceitos envolvidos nesse modelo e faz algumas considerações sobre como o homem pode contribuir no sentido de minimizar os problemas associados às mudanças climáticas.

- Glossário (filmagem em Libras e áudio em Língua Portuguesa)

O usuário pode consultar o glossário da terminologia específica em Português com a representação em Libras para todos os primitivos de modelagem utilizados nos dois modelos (ver seção anterior). O segundo glossário com a terminologia específica para o modelo 'Aquecimento global' também está disponível, em Português e com os sinais correspondentes em Libras. Todo o texto escrito em Português dos dois glossários pode ser baixado como um arquivo PDF.

- Saiba mais

Depois da apresentação de cada modelo, o usuário pode acessar o 'Saiba mais', área onde todo o material sobre o modelo está disponível para download. O material inclui arquivos em formato PDF de textos motivadores

referentes aos modelos apresentados, roteiros das vídeo-aulas em Língua Portuguesa, atividades relacionadas aos modelos e seus respectivos gabaritos. Por fim, os modelos também estão disponíveis para baixar como arquivos do Garp 3.

A qualquer momento o aluno pode repetir o vídeo, ir para o glossário, consultar sinais da Libras e os textos correspondentes em Português ou consultar os textos contendo o roteiro do áudio.

Para sintetizar, apresenta-se a seguir um fluxograma – figura com todos os componentes e sugestões de navegação no DVD (Figura 31). Ao observá-lo, vêem-se possibilidades maiores de aplicação deste material, que constitui um curso completo sobre como construir e usar modelos qualitativos, englobando exercícios, glossário, textos motivadores e etc.

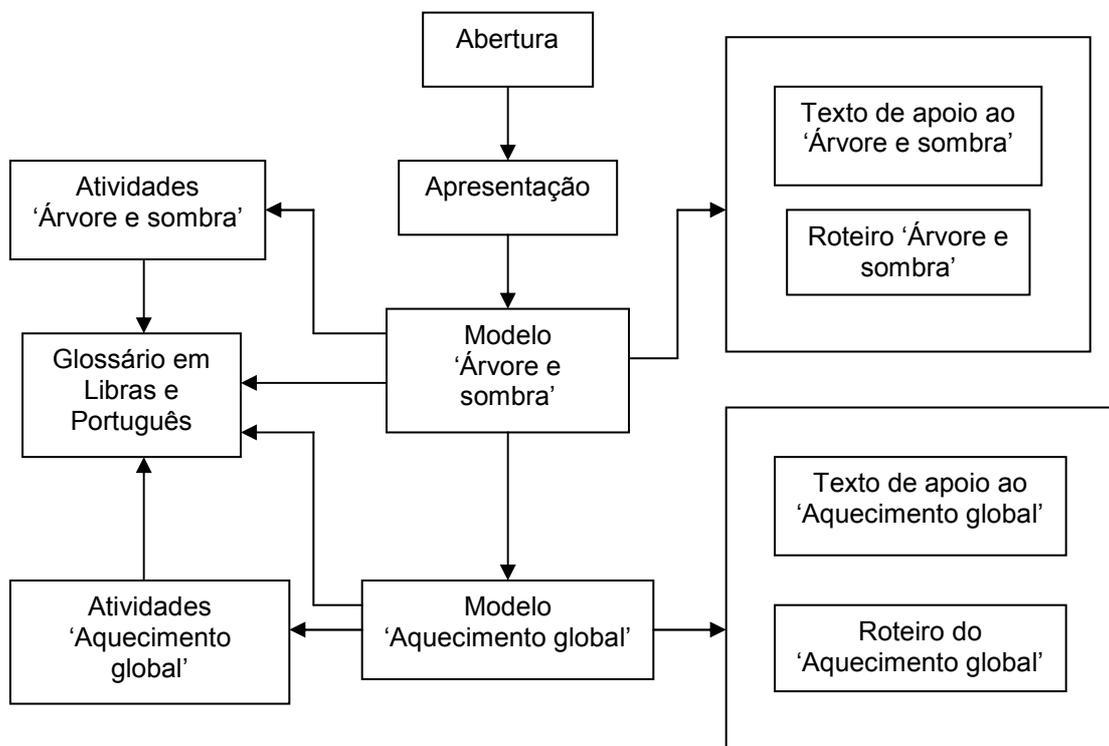


Figura 34. Fluxograma mostrando os principais componentes e as possibilidades de navegação no DVD instrucional.

6 - VALIAÇÃO DO MATERIAL PRODUZIDO

A este capítulo reservou-se abordar aspectos relacionados a etapa de validação das atividades desenvolvidas nesse estudo com a finalidade de fazer parte do material didático-tecnológico, a saber o DVD instrucional. Na primeira seção descreve-se a validação dos modelos utilizados nas vídeo-aulas que compõem o DVD, fundamentada em procedimentos adotados em estudos anteriores. Na seção seguinte aborda-se a validação dos sinais gerados nesta pesquisa para construção do glossário em Libras. E por fim, discute-se a validação do DVD produzido.

6.1 - Validação dos Modelos ‘Árvore e Sombra’ e ‘Aquecimento Global’

A validação de um modelo revela se o mesmo é aceitável para o uso pretendido, conforme requisitos de desempenho do modelo. Segundo Rykiel (1996), o processo de validação de um modelo ecológico pode ser decomposto em três componentes: (a) conceitual, (b) operacionais e (c) validação de dados. Porém, como nos modelos aqui descritos não foram utilizados dados numéricos, serão considerados apenas os dois primeiros aspectos da validação do modelo.

A validação conceitual mostra se o modelo expressa uma explicação cientificamente aceitável das relações de causa-efeito incluídas no modelo. Isto pode ser alcançado se for possível demonstrar que teorias e hipóteses subjacentes ao modelo conceitual são corretas, ou pelo menos justificáveis, e se a representação da estrutura do sistema é razoável para a utilização do modelo. A validação operacional mostra se o modelo construído satisfaz os objetivos definidos para seu

desempenho; se o sistema simula um comportamento correspondente ao comportamento observado no sistema real e se o modelo é uma representação adequada do sistema.

Modelos qualitativos têm sido avaliados de diversas maneiras (*cf.* BREDEWEG *et al.*, 2007). Um dos trabalhos de maior amplitude foi a avaliação do modelo qualitativo referente à sustentabilidade da bacia do Riacho Fundo por três diferentes grupos: especialistas em hidrologia e recursos hídricos da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB - DF), gestores de recursos hídricos e professores do ensino médio da Secretaria de Educação do Distrito Federal. Diferentes questionários foram utilizados, de forma a explorar diferentes aspectos do modelo, de acordo com o perfil do grupo avaliador. Dessa forma, o conteúdo científico do modelo foi avaliado por especialistas; a representação de conceitos foi avaliada pelos professores, e a possibilidade de utilização do modelo foi avaliada pelos três grupos (BREDEWEG *et al.*, 2007).

Nesse estudo, os especialistas concordaram que os conceitos expressos em modelos estão fundamentados no conhecimento científico. Os gestores consideraram a linguagem de modelagem fácil e acessível. Eles também mencionaram que os modelos causais são conceitualmente claros e corretos, e poderia ser útil para apoiar explicações e previsões sobre o comportamento do sistema. Os resultados foram muito positivos.

A avaliação dos aspectos educacionais foi feita com o apoio de um questionário extenso e complexo, respondido pelos docentes. Uma série de questões abordava as ações educativas, mas o enfoque principal foram os aspectos conceituais da linguagem de modelagem, o uso de modelos e software em sala de aula e o potencial de modelos qualitativos para desenvolver competências e

habilidades cognitivas. Os professores consideraram o modelo muito útil para fins educativos e acessível para alunos do ensino médio. Os professores também reconheceram o potencial dos modelos qualitativos para apoiar explicações e previsões sobre o comportamento do sistema e para o desenvolvimento de competências e habilidades cognitivas. Enfim, os três grupos de avaliadores foram, em geral, muito positivos sobre as potencialidades da utilização de modelos qualitativos para representar problemas e para apresentar soluções para problemas do mundo real em suas atividades (BREDEWEG *et al.*, 2007).

Durante os estudos descritos em Salles *et al.* (2004) foram realizadas avaliações específicas sobre o uso de modelos qualitativos na educação de alunos surdos. Oito alunos foram expostos a três modelos organizados em níveis crescentes de complexidade, dentre eles o modelo 'Árvore e sombra'. O objetivo desse estudo foi verificar a compreensão dos estudantes sobre os elementos de modelagem e as relações de causalidade expressas nos modelos. Em Salles *et al.* (2005) o objeto de estudo continua ser a utilização de modelos qualitativos como apoio a educação de surdos, porém com ênfase no raciocínio inferencial. A aquisição de conceitos foi investigada a partir do uso de conclusões triviais e não triviais, com base na noção de Relevância proposta por Sperber e Wilson (1995) em textos produzidos por alunos surdos. Em ambos os estudos ficou claro que os estudantes surdos eram capazes de apreender os conceitos expressos na linguagem de modelagem adotada para a construção de modelos qualitativos. Além disso, os alunos demonstraram ser capazes de produzir textos de maior complexidade escritos em Português, nos quais exercitavam o raciocínio hipotético-dedutivo.

Desse modo, pode-se dizer que o modelo 'Árvore e sombra' foi validado em estudos anteriores (SALLES *et al.*, 2004). O modelo "Aquecimento global", construído no desenvolvimento desta pesquisa, foi validado por um perito, oito professores do ensino médio e por quatro alunos surdos, da seguinte forma; a validação conceitual pelo especialista, e a validação operacional pelos professores do ensino médio e pelos estudantes surdos universitários, conforme descrição apresentada nas seções subseqüentes.

6.1.1 Validação por Especialista

O especialista explorou os fragmentos de modelo e simulações, particularmente os modelos causais obtidos nos cenários de maior complexidade. As causas e conseqüências do aquecimento global e das mudanças climáticas foram consideradas aceitáveis com base nos melhores conhecimentos disponíveis, como aqueles mencionados nos documentos do IPCC (IPCC, 2007). A estrutura do sistema também está de acordo com a situação real do fenômeno, e ainda está definida de acordo com os objetivos propostos.

Entretanto, o especialista teceu comentário sobre a derivada de 'eventos de seca' determinando a derivada do *PIB*, fazendo com que, embora a quantidade produtos agrícolas esteja crescendo, o *PIB* estará caindo. Diante disso, o especialista sugere que a quantidade *PIB* deveria ser afetada pelas duas quantidades (produtos industriais e produtos agropecuários). Outra opção seria colocar dois tipos de *PIB* (agrícola e industrial), o que ficaria ainda melhor; mas essa alteração ainda não foi implementada.

6.1.2 Validação por Professores

Os professores-colaboradores, participantes do curso de modelos, foram convidados a dar a sua opinião sobre como modelos qualitativos poderiam apoiar a processo de ensino-aprendizagem. Durante o curso os professores foram expostos a seis modelos, entre os quais se incluem o modelo 'Bloom de algas' (um modelo similar ao modelo 'Árvore e sombra') e o modelo do 'Aquecimento global'.

Ao responder o questionário (Apêndice 4), as opções dos professores foram classificadas como segue: {concordo plenamente, concordo, talvez, discordo, discordo totalmente}. Para ilustrar os resultados encontrados, abaixo se destacam as respostas relacionadas à formação de conceitos e a capacidade de fazer inferências. Os números colocados entre chaves obedecem à respectiva seqüência de opções de respostas.

a) Modelos qualitativos podem ajudar os alunos a produzir explicações, formular hipóteses e prever resultados

A maioria dos professores (6) disse que concorda plenamente com essa afirmação, e 2 concordam ({6:2:0:0:0}). Interessante notar que nenhum dos professores apresentou incerteza ou discordou. Seus comentários ratificam o resultado encontrado.

“Esses modelos podem ser modificados e testados pelo aluno, permitindo que o mesmo desenvolva o raciocínio lógico e chegue a novos resultados.”

“Com o acesso ao aprendizado via modelos qualitativos, os alunos terão capacidade de refletir de uma forma mais holística, de acordo com a sua localização e conhecimento. Isso auxilia o desenvolvimento do seu raciocínio-lógico, formulando hipóteses e soluções, prevendo possíveis resultados.”

Destaca-se que alguns professores comentaram que modelos possibilitam que a aprendizagem tenha significado, de maneira que o aluno seja capaz de relacionar o que é apresentado na escola com a sua vida, a sua realidade e o seu cotidiano.

“Tais modelos permitem ao aluno uma percepção mais concreta do tema em estudo.”

“Concordo, pois com os modelos qualitativos o aluno consegue visualizar realmente o que acontece e explicar o que está entendendo.”

Em outros comentários, os professores reconhecem que modelos permitem o desenvolvimento da competência de organizar informações e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para a construção de argumentações consistentes.

“Acredito que o modelo contribua como ferramenta de análise para o aluno, pois apresenta ou disponibiliza informações que darão suporte para, comparar, debater, estabelecer, examinar, dentre outras vantagens, emitir, com confiança, parecer a respeito do tema apresentado.”;

“Concordo plenamente. A clareza na explicação de causa – efeito ajudará o aluno a pensar “cientificamente”, ou seja, formular hipóteses, prever resultados.”

b) Material didático desenvolvido com modelos qualitativos pode contribuir para que o aluno desenvolva a expressão escrita e elabore textos (redações, ensaios sobre temas científicos) que apresentem progressão temática e estruturação bem desenvolvidas.

Essa questão relaciona-se a competência domínio da língua portuguesa. As opiniões expressas nos comentários dos professores demonstram consonância com os resultados encontrados; 37,5% dos professores (3) disseram que concordam plenamente e 50% (4) concordam que modelos qualitativos podem oferecer suporte ao desenvolvimento da expressão escrita dos alunos. Novamente, nenhum

professor demonstrou incerteza ou discordou. Os comentários a seguir podem ilustrar os resultados (3:4:0:0).

“Com a socialização de conhecimentos, a discussão, a contextualização conectados com o cotidiano do aluno, possibilitam um aprendizado significativo e conseqüentemente fica mais fácil de estruturar as idéias em um texto.”

“Sim. Um material didático bem elaborado proporcionará aos alunos uma maior assimilação do conhecimento. A partir desse aprendizado, ficará mais fácil para os alunos se expressarem na escrita, elaborando textos de uma forma mais gradativa e coesa.”

“Material didático elaborado a partir de modelos qualitativos trazem ao seu usuário uma percepção multidisciplinar dos temas tratados, o que favorece e facilita o emprego da linguagem escrita.”

“Concordo. Apesar de toda a dificuldade que o aluno surdo apresenta com o português, ao associarmos a língua ao modelo causal, por exemplo, poderemos contribuir para o seu entendimento possibilitando que haja um maior desenvolvimento do desencadeamento de idéias de causa e conseqüência melhorando a leitura e a produção de textos.”

Outros comentários:

“Concordo. Ajuda no raciocínio crítico e bem elaborado.”

“Sim, acredito que este material auxilia o aluno a adquirir e fixar conceitos, quanto à compreensão oferece ensejo a reconhecer, compor e organizar suas habilidades e competência.”

Apesar de concordar, um professor acrescenta a necessidade do empenho do professor em estimular a expressão escrita do aluno.

“Para desenvolver a competência e a habilidade redacional deverá haver um esforço por parte do tutor/professor para estimular o desenvolvimento das idéias de forma escrita.”

c) A compreensão dos principais conceitos sobre os quais se baseiam os modelos qualitativos (dinâmica de variáveis contínuas, processos, causalidade) deve contribuir para que o aluno surdo e o aluno ouvinte reconheçam as limitações dessa abordagem e busquem alternativas para a solução de problemas aos quais não se aplicam esses conceitos.

Os professores comentam:

“Os conhecimentos nem sempre são adquiridos com uma só ferramenta, um só recurso. Nós educadores devemos nos utilizar de diversas técnicas para garantir um real aprendizado, ainda mais se tratando de surdos.”;

“Concordo. O mais difícil, principalmente para o aluno do ensino fundamental seria a compreensão desses conceitos. O que ainda precisa ser trabalhado é o entendimento dos conceitos de influência, causalidade, consequência em Libras e depois em Português, eu acho.”;

O ponto importante, é que quatro (50%) dos avaliadores concordaram que modelos facilitam a compreensão de conceitos e auxiliam a busca de outras soluções (1:4:3:0:0).

Outros comentários destacam a importância do professor como mediador do processo ensino-aprendizagem.

“Para que os alunos busquem alternativas para a solução de problemas aos quais não se aplicam certos conceitos dependerá de estímulo dos professores, fazendo com que eles pensem, reflitam, enfim, mediar os alunos.”

“Para que o aluno enxergue as limitações do que os modelos podem explicar também se faz necessária a intervenção do professor.”

d) O uso de um modelo qualitativo sobre um tema específico contribui para que os alunos surdos e ouvintes formulem e articulem adequadamente argumentos sobre a importância do fenômeno descrito.

Conforme resultados apresentados (3:3:2:0:0), 37,5% (3) concordam plenamente, 37,5% (3) concordam e 25% (2) selecionaram a opção “talvez”. Importante ressaltar que nenhum professor discordou que o uso de modelo qualitativo contribui para que os alunos elaborem e articulem argumentos sobre determinado fenômeno. Para ilustrar, citam-se alguns comentários dos professores:

“Não se pode generalizar a afirmação. Em qualquer tipo de ensino, em qualquer modalidade de ensino, não há o agrado a todos. Esse modelo qualitativo contribuirá bastante para o aprendizado de alunos que tem dificuldade de aprendizagem. O que possibilitará um

incentivo para criticarem, argumentarem, buscando possíveis soluções e desafios.”

“A percepção multidisciplinar dos conteúdos favorece a identificação de argumentos procedentes.”

“Concordo plenamente. O modelo qualitativo leva a argumentação e dependendo da I+ ou I- chegar a uma solução.”

Em relação aos estudantes surdos, um professor observou:

“Concordo plenamente. Os alunos surdos conseguem “visualizar” por meio dos modelos causais as relações entre os objetos, podendo ter argumentos para explicar melhor os fenômenos.”

Esse comentário sustenta que no processo ensino-aprendizagem de estudantes surdos deve-se privilegiar o uso de recursos visuais. Dessa forma, modelos causais favorecem o processo ensino-aprendizagem desses alunos por meio de sua representação diagramática e visual, bem como por causa da clara expressão representada dos conceitos.

e) A análise do comportamento descrito em um modelo qualitativo permite aos alunos surdos e ouvintes fazerem inferências sobre seus efeitos e o bem estar da sociedade.

Grande parte dos professores, 62,5% (5), concordou plenamente com a afirmação de que modelos qualitativos permitem aos alunos fazerem inferências sobre seus efeitos e o bem estar da sociedade, e ainda acrescentaram novas vantagens para o uso de modelos (5:2:1:0:0):

“Os modelos proporcionam a construção de conhecimentos significativos que permitem ao educando ser mais criativo, flexível, crítico e capaz de enfrentar situações-problema, solucionando-os. O aluno aprende a aprender.”

“A análise do comportamento permitirá verificar os possíveis efeitos que são ocasionados por determinadas ações antrópicas ou naturais, e que afeta o bem-estar da sociedade e do meio ambiente.”

“Como estratégia de ensino, os modelos qualitativos possibilitam o desenvolvimento de habilidades, como a capacidade de inferir.”

“Concordo plenamente. Principalmente se associarmos ao modelo causal outros estímulos visuais, figuras, fotos, etc.”

“A análise do comportamento descrito num modelo qualitativo vai ainda além dos efeitos explícitos e do bem estar social. Permite também que o aluno se visualize e reconheça o seu papel como parte do sistema sobre o qual está estudando.”

f) O uso de modelos qualitativos contribui para que os estudantes surdos e ouvintes adquiram um vocabulário a respeito de um fenômeno específico, ou de uma classe de fenômenos.

Conforme resultados ({5:3:0:0:0}), as respostas evidenciaram o potencial de modelos na aquisição de vocabulário específico.

“Modelos qualitativos em sala de aula, juntamente com materiais didáticos complementares contribuirão para os alunos associarem etapa por etapa da construção de qualquer fenômeno, trabalhado no modelo. Com essa didática, o vocabulário e a quantidade de novas palavras juntamente com conceitos serão crescentes.”

“Os modelos qualitativos favorecem o emprego de terminologia própria ao campo de estudo do objeto de análise.”

“Sim, uma vez que a terminologia é utilizada nos diagramas elaborados, torna-se natural a aquisição e memorização dos termos e conseqüente uso no cotidiano.”

“Neste aspecto os modelos qualitativos devem ser recomendados fortemente, pois se o aluno aprende a utilizar e entendem as partes que compõem um processo, facilmente ele se apropriará da terminologia sem muita resistência ou dificuldade para tanto. O que facilita tanto o aprendizado assim como o armazenamento de informações por parte do aluno.”

g) Modelos qualitativos permitem combinar diferentes linguagens, como a linguagem técnica e vocabulário cotidiano, na descrição de um fenômeno específico.

Os dados obtidos ({3:5:0:0:0}) indicam o potencial de modelos para auxiliar o aluno no entendimento do vocabulário científico. Muitos alunos do ensino médio compreendem mal a linguagem científica. Esta dificuldade é causada, primeiramente, não por problemas com uma linguagem técnica, mas sim por uma causa primária: o uso do vocabulário cotidiano num contexto de Ciências, em outras

palavras, diz respeito a problemas ligados à semântica das palavras. Seguem os comentários dos professores.

“Sim, pois exercita simultaneamente a utilização dos termos durante a análise dos modelos.”

“Concordo. Podemos combinar estas diferentes linguagens ajudando o entendimento do aluno e colaborando para um incremento no conhecimento científico e também de novas palavras.”

h) Modelos qualitativos podem fornecer elementos para que alunos surdos e ouvintes possam construir argumentos consistentes na defesa de certo ponto de vista utilizando vocabulário adequado, identificando variáveis e explorando relações de causalidade.

Os fragmentos de modelo são maneiras de expressar conceitos complexos, combinando elementos diferentes do modelo. Afinal de contas, um modelo qualitativo é composto por fragmentos selecionados pelo software, de acordo com a descrição estrutural do sistema. Do mesmo modo, cenários são feitos de uma série de elementos que descrevem modelização de uma situação em que o sistema pode ser encontrado, o que, por sua vez, pode evoluir em comportamentos típicos de que o sistema possa assumir. Juntos, estes elementos de modelagem representam um resumo do conhecimento codificado em um modelo qualitativo. Todos os professores (3:5:0:0:0) concordaram com esse aspecto que modelos proporcionam, porque as opções de respostas assinaladas foram *concordo plenamente e concordo*.

“O acesso a essas informações, via modelos qualitativos, proporcionará um maior exercício de cidadania. A detenção de vocabulários específicos e adequados contribuirá para a conquista de direitos e deveres individuais e coletivos junto à sociedade.”

“Concordo plenamente. Eles podem construir argumentos utilizando vocabulário adequado e enriquecendo o vocabulário.”

“Sim, uma vez que tenham adquirido ou internalizado os conceitos acredito que consigam defender seus argumentos com propriedade.”

Ao final do questionário de avaliação, os professores expressaram claramente o quanto os modelos qualitativos auxiliam na compreensão de significado pelos alunos. A seguir têm-se duas questões finais nas quais os professores apresentam contribuições para o uso de modelos qualitativos e para elaboração das atividades em sala de aula de estudantes surdos.

Aponte aspectos que precisam ser modificados nos modelos qualitativos

apresentados para se adequarem ao ensino de estudantes surdos em sala de aula.

“Creio que esses modelos devam privilegiar o uso de figuras ilustrativas.”;

“Precisaria só explicar os conceitos das palavras desconhecidas e ilustrá-las pois eles visualizam melhor e entendem.”;

“Acrescentar cores aos elementos de modelagem (entidades, influências, proporcionalidades, valores qualitativos), bem como as setas que servem para unir estes elementos.”;

“Ainda existe barreira na linguagem. Precisamos conhecer um pouco mais o vocabulário específico em Libras. Também acho importante o uso de figuras fotos, associadas ao modelo.”;

“A exploração da interface visual e a elucidação dos conceitos utilizados e sua importância são de real relevância para que os objetivos investidos na utilização de modelos qualitativos sejam realmente alcançados para o ensino de alunos surdos.”

Aponte aspectos que precisam ser modificados nas atividades apresentadas para serem utilizadas em sala de aula de estudantes surdos.

“Creio que se devam construir atividades mais diversas, em que se exijam níveis mais complexos de entendimento. Talvez em conformidade à Taxionomia de Bloom.”;

“Somente ilustrá-las com desenhos se possível.”;

“Os modelos iniciais devem ser os mais simples. Poucas entidades e quantidades. O vocabulário, no caso de alunos surdos, deve ser bem trabalhado, para que a comunicação seja efetiva. Gradualmente vai se trabalhando modelos causais mais complexos.”;

“Talvez a utilização de mais figuras, diagramas e ilustrações que facilitem a compreensão dos processos. Cabe, neste quesito que

testes sejam feitos para averiguar quão é importante o aspecto visual para os alunos surdos e testar as possibilidades de material de didático mais pertinentes possível.”

Conclui-se que os professores consideraram os modelos muito úteis para fins educativos e acessíveis para alunos do ensino médio. Eles também consideraram a expressão da causalidade nos modelos conceitualmente correta e clara, e também avaliaram a geração de explicações e previsões sobre comportamentos do sistema baseado em modelos causais, isoladamente ou em combinação com valores qualitativos das variáveis relevantes. Os professores reconheceram o potencial dos modelos qualitativos para o apoio ao desenvolvimento de competências e habilidades cognitivas. Entre as mais importantes habilidades, modelos qualitativos têm o potencial para apoiar os alunos na identificação de informações centrais e periféricas, na integração de conhecimentos de diferentes áreas, na seleção de estratégias e metodologias adequadas para a resolução de problemas, na formulação de hipóteses e previsões e na geração de explicações. Eles também afirmaram que modelos podem facilitar a organização de idéias, o desenvolvimento de argumentos e a melhorar a capacidade de criticar idéias e propostas.

Apesar do reduzido número de professores para responder o questionário, os resultados suportam a conclusão de que os participantes avaliaram positivamente o uso de modelos qualitativos no processo de ensino-aprendizagem de Ciências.

6.1.3 - Validação por Estudantes Surdos

Os estudantes surdos universitários também tiveram uma visão muito positiva sobre o modelo 'Aquecimento global'. Quatro estudantes informantes da pesquisa responderam um questionário semi-estruturado (Apêndice 5). Na elaboração das questões, especial atenção foi dada ao desenvolvimento de competências e habilidades mentais, dois aspectos centrais atualmente abordados no sistema de ensino brasileiro. Ao observar dois modelos causais extraídos do modelo 'Aquecimento global', os estudantes foram capazes de explicar o modelo causal em língua portuguesa escrita, um indício de que compreenderam o tema abordado nos modelos causais.

Destaca-se aqui a existência de uma interlíngua no texto escrito pelos estudantes surdos. Em sua análise percebe-se que os estudantes apreenderam novos conceitos e novas palavras relacionadas ao tema, assimilando a linguagem científica, como podemos citar o uso no texto escrito das palavras *investimento*, *produto interno bruto*, *mortalidade*, *inundação*, *mudanças climáticas*, *resíduos*. Os conceitos foram expressos no texto, como podemos ver no trecho seguinte o uso adequado do termo *recurso hídrico*: “eventos de seca provocam influencia perdas de recursos hídricos por causa diminuiu os rios e os lagos”.

Observou-se também nos textos escritos a construção de argumentação consistente ao explicar o fenômeno, a relação com situações e acontecimentos reais e a elaboração de propostas de intervenção na realidade. Por exemplo, a citação a seguir relaciona a causa de inundações com o lixo jogado diretamente nas ruas provocando o entupimento das redes pluviais e relaciona o cigarro com recorrentes queimadas, fatores que têm relação com a distribuição das chuvas:

“Então a sociedade não respeita porque alguns jogam no chão ou rua os objetos, refrigerantes e também outra sociedade usa cigarro joga no chão vai influenciar fogo e jogar coisas objetos vai acontecer mais chuva provoca os efeitos de inundação”.

Por fim, 100% (4) dos estudantes afirmaram que o modelo causal ajudou a entender o tema ‘mudanças climáticas’, a aprender novos conceitos, a aprender novas palavras; 50% (2) responderam que o modelo causal os auxiliou a explicar o fenômeno de mudanças climáticas e 50% (2) assinalaram ‘talvez’ em resposta a esse item.

Depreende-se que os atores surdos, informantes da pesquisa, internalizaram os conceitos trabalhados. De acordo com Faulstich (2003) “o conceito e a definição se processam durante a construção do significado terminológico” e, no contexto de uso, os surdos foram capazes de gerar sinais com significados equivalentes a terminologia de modelos.

6.2 - Validação dos Sinais que Representam a Terminologia de Modelos Qualitativos

Nesta seção descreve-se a validação dos sinais gerados pelo grupo de estudo de estudantes surdos. Esta etapa compreende a validação dos sinais por um grupo maior de estudantes surdos, a validação dos sinais por professores de surdos e nova discussão dos sinais que apresentaram alguma restrição por parte dos avaliadores.

6.2.1 Validação dos Sinais por Estudantes Surdos

Um grupo de dezessete estudantes surdos universitários, após exploração de um modelo qualitativo e apresentação dos sinais relacionados, avaliou os sinais criados respondendo a um questionário objetivo com três alternativas de respostas – {concordo, talvez e discordo} – e espaços para comentários. Assim, foram avaliados vinte e dois termos referentes ao glossário.

Nota-se, pelos resultados obtidos (Apêndice 6), que os participantes concordaram em grande parte com os sinais criados, pois num total de vinte e dois termos, vinte e um foram avaliados com percentual superior a 50% na opção ‘concordo’ e apenas um sinal obteve percentual inferior a 50%.

O índice de discordância para com o sinal criado obteve percentual máximo de 17,64%, valor pequeno, o que não caracteriza que os avaliadores discordaram dos sinais propostos, apenas que havia restrições, posteriormente sanadas durante as discussões.

6.2.2 - Validação dos Sinais por Professores de Surdos

Um grupo de sete professores de surdos participou da avaliação dos sinais criados para compor o glossário de modelos qualitativos. Realizou-se a exploração de um modelo qualitativo simples e, em seguida, a apresentação dos sinais a serem avaliados. Um questionário de avaliação foi aplicado e vinte e nove termos foram avaliados quanto à clareza e ao grau de dificuldade. Destaca-se que sete termos foram acrescentados ao questionário de avaliação a ser respondido pelo grupo de professores de surdos e não foram avaliados pelo grupo de estudantes

surdos, tendo em vista que, em nova discussão realizada pelo grupo de estudo - após a validação dos sinais por estudantes surdos e anterior a validação dos sinais por professores -, surgiu a necessidade de incorporá-los ao glossário. A saber, os termos acrescentados foram *modelos qualitativos, fragmento de modelo, sistema, propriedades, agente, pressuposto* e a expressão *rodar a simulação*.

As opções de respostas foram {sim, não e talvez} para o aspecto clareza e {muito difícil, difícil, médio, fácil e muito fácil} para o aspecto grau de dificuldade. Foram consideradas as opções que obtiveram percentual de escolha maior que 50% do universo de 7 avaliadores.

Os dados obtidos (Apêndice 7) foram os seguintes.

No aspecto clareza,

- 25 termos foram assinalados com a opção 'sim';
- 03 termos foram assinalados com a opção 'talvez';

A opção 'não', não obteve percentual significativo, pois apenas 07 termos foram assinalados por 1 ou 2 avaliadores.

No aspecto grau de dificuldade,

- nenhum termo foi considerado muito difícil ou difícil;
- 03 termos foram considerados 'médio';
- 10 termos foram considerados 'fáceis';
- 07 termos foram considerados 'muito fáceis'.

Conclui-se que a maioria dos termos foi considerada conceitualmente clara (86,20%) e não foi avaliada como difícil (0%).

Devido aos resultados da avaliação, os sinais *raciocínio qualitativo, sistema, entidade, valores qualitativos, pressuposto, estados qualitativos e comportamento do sistema* foram novamente discutidos pelo grupo de estudo, pois

no aspecto clareza os mesmos obtiveram concordância inferior a cinquenta por cento dos avaliadores ou não obtiveram uma votação representativa. Os comentários feitos pelos avaliadores também contribuíram para que esses sinais fossem revistos. Entre os comentários mais relevantes, podem-se citar os seguintes:

sistema - ‘simplificou o conceito’; *entidade* - ‘o sinal utilizado não ficou claro’; *valores qualitativos* – ‘Talvez dê mais idéia de comparação do que de qualidade’; *estados qualitativos* – ‘não passa a informação completa’; *pressuposto* - ‘O sinal é legal, mas não mostra todo o conceito’; *comportamento do sistema* – ‘só está representando uma trajetória, o conceito envolve um conjunto de trajetórias’.

6.2.3 Nova Discussão sobre os Sinais Avaliados

Após os resultados obtidos na etapa de validação dos sinais, os informantes do grupo de estudo, responsáveis pela criação dos sinais, discutiram novamente aqueles sinais que apresentaram restrições pelos avaliadores. Os sinais foram analisados de acordo com seu respectivo conceito e foram propostas as alterações descritas a seguir.

O termo *sistema* formado anteriormente pela unidade terminológica complexa *conjunto e elementos* em Libras foi descartado e proposto um novo sinal composto de apenas uma unidade terminológica simples em Libras.

O sinal *comportamento* expresso com a configuração de mão em [B]³⁷ fazendo o movimento de uma onda no espaço neutro à frente do corpo foi mantido e foram gerados novos sinais adequados ao contexto de uso. Assim, quando usado para descrição do conceito - conjunto de trajetórias -, convencionou-se um

³⁷ Conforme quadro das configurações de mão apresentado por Ferreira-Brito, 1995:20, *apud* Faria, 2003.

determinado sinal que representa visualmente esse conceito. Quando o sinal é usado na análise do *diagrama de valores*, utilizou-se com a mão não-dominante³⁸ configuração de mão em [L] que representa o retângulo do *diagrama de valores* e com a mão dominante configuração de mão em [Ô] (sinal de *estado do sistema*) faz-se o desenho da evolução do comportamento da *trajetória*, como por exemplo, crescente ou decrescente. Esses três sinais diferentes se justificam pelo contexto de uso e pela expressão visual daquilo que está sendo representado.

Os informantes surdos não concordaram com a alteração do sinal *entidade* e justificaram que a motivação para geração do sinal foi a sua representação no *modelo causal*. Diante disso, optaram pela permanência do mesmo sinal, por considerá-lo bastante elucidativo.

O sinal *estado qualitativo* descrito com a configuração de mão em [Ô] não foi modificado, pois os informantes surdos afirmaram que o sinal é claro quando inserido no contexto de modelos qualitativos.

Os sinais *raciocínio qualitativo*, *valores qualitativos* e *pressuposto* também não foram modificados, pois o grupo de estudo considerou que os mesmos estão de acordo com o conceito que representam.

As versões finais dos sinais foram então novamente registradas.

Vale comentar que, quanto ao grau de clareza, setenta por cento dos sinais foram avaliados em porcentagem superior a oitenta e cinco por cento, por exemplo, os sinais de *derivada*, *processo*, *influência*, *diagrama de valores*, *modelo causal*, entre outros. Um dos professores que também participou do curso de

³⁸ Os termos mão dominante e mão não-dominante referem-se, respectivamente, à mão de lateralidade predominante no indivíduo, portanto, ativa na formação dos sinais e à mão não-dominante serve apenas como apoio, tornando-se passiva (FARIA, 2003).

modelos, portanto com maior conhecimento sobre modelos qualitativos, ainda ressalta em sua avaliação dos sinais;

‘Os sinais ficaram muito bem relacionados com o programa’.

6.3 - Validação do DVD Instrucional

A validação do DVD produzido nesta pesquisa encontra-se em andamento. Durante o ano de 2009, o DVD será aplicado em sala de aula de estudantes surdos e ouvintes³⁹. Os objetivos são investigar a formação de conceitos com o uso de modelos qualitativos por meio da aplicação do material didático elaborado, bem como investigar sua aplicação educacional.

Por fim, conclui-se que, apesar do reduzido número de avaliadores envolvidos, a etapa de avaliação/validação pode ser considerada bem representativa porque contou com avaliadores competentes na área em que foram requisitados. A validação do modelo ‘Aquecimento global’ contou com a avaliação de um especialista, professores e alunos. Estes últimos, que também participaram da validação dos sinais, pertencentes à comunidade surda⁴⁰, principal interessada na viabilização dos resultados dessa pesquisa.

³⁹ Este trabalho é parte de pesquisa em andamento na Universidade de Brasília no programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências.

⁴⁰ A comunidade surda envolve surdos e ouvintes sinalizadores da Libras.

7 - DISCUSSÃO

A educação é uma área bem estabelecida para aplicação de modelos qualitativos (BREDEWEG e FORBUS, 2003). Estudos anteriores (SALLES *et al.*, 2004, 2005) investigaram o potencial de modelos qualitativos como uma ferramenta para a aquisição de conceitos científicos para o desenvolvimento do raciocínio inferencial e para a melhoria das competências lingüísticas de estudantes surdos. O presente trabalho acrescenta que o uso de modelos qualitativos na educação científica contribui para desenvolver outras competências e habilidades cognitivas como aquelas desenvolvidas pelo programa de avaliação seriada da UnB – PAS/UnB, porque mostrou que os estudantes surdos envolvidos na elaboração do material didático, particularmente no processo de geração de sinais para o glossário, na produção de explicações em Libras para todo o conteúdo abordado, incluídos fenômenos, processos e relações de causalidade envolvidas no tema, na elaboração do DVD instrucional e em atividades de avaliação do modelo ‘aquecimento global’; com efeito, adquiriram vocabulário da linguagem científica, aprenderam novos conceitos, compreenderam os fenômenos naturais abordados, foram capazes de apresentar propostas de intervenção na realidade e construíram argumentação consistente ao explicar o fenômeno estudado.

A pesquisa aqui descrita concorda com o trabalho de Aguiar Jr. *et al.* (2005), que justifica a construção de conceitos por meio da identificação e articulação de evidências. No DVD produzido neste trabalho, o primeiro tema abordado trata de um fenômeno simples, o processo de crescimento de uma árvore, funcionando como recurso para construir explicações baseadas em evidências; o aluno identifica as evidências e as articula em direção à formação de conceitos que

vão sendo explorados durante o vídeo. Aguiar Jr. *et al.* (2005) também defendem “a formação de conceitos científicos pelo uso funcional de sua linguagem em contextos de relevância para os estudantes”. Essa orientação foi considerada no desenvolvimento desta pesquisa; o aquecimento global e as mudanças climáticas constituem temas de grande interesse atualmente, sendo debatidos em diversas áreas. Outro ponto considerado é a aproximação do estudante com a linguagem científica por meio do uso de narrativas para apresentar os conceitos científicos. Este estudo está de acordo com essa orientação, porque ao assistir o DVD o aluno é enredado em uma história que tem bases científicas. Os resultados obtidos na avaliação/validação das atividades desenvolvidas confirmam a eficácia dessa abordagem.

O presente estudo também demonstrou que modelos de raciocínio qualitativo são ferramentas poderosas para a educação de alunos surdos, porque na avaliação do modelo construído, os alunos afirmaram que o modelo causal ajudou a entender o tema ‘mudanças climáticas, a aprender novos conceitos e a incorporar novas palavras no seu vocabulário. E ainda menciona-se que durante o desenvolvimento do grupo de estudo, os alunos participaram efetivamente de discussões e foram capazes de gerar explicações em Libras acerca de fenômenos científicos revelando a compreensão do assunto por meio da interação comunicativa. Dessa maneira, modelos qualitativos cumprem o papel de mediação pedagógica. De acordo com Vygotsky (1998), as interações sociais mediam a formação social da mente e modelos de raciocínio qualitativo atuam como mediadores no processo dialógico.

Bredeweg e Forbus (2003) afirmam que RQ tem características interessantes para a tarefa educacional: modelos qualitativos articulam o

conhecimento sobre diferentes sistemas físicos e sociais nos modelos conceituais, utilizando um vocabulário conciso e restringem uma série de primitivos de modelagem que representam ampla classe de conceitos científicos. Além disso, a explícita representação das relações causais torna possível gerar explicações sobre o comportamento do sistema.

O modelo 'Aquecimento global' explora aspectos de sustentabilidade, objeto de estudo de uma série de modelos qualitativos; Petschel-Held, 2005; Bredeweg *et al.*, 2007; Salles, Bredeweg e Nuttle, 2005; Garrity, 2004. Petschel-Held (2005) cita, nesse trabalho, a aplicação de raciocínio qualitativo em experiências de modelagem do sistema Homem-Ambiente para assessoria política, e argumenta em favor do uso do raciocínio qualitativo com grande potencial nessa área e apresenta alguns trabalhos desafiadores que têm sido feitos, nos últimos anos, no campo de pesquisas das alterações globais, especialmente das mudanças climáticas. O modelo do 'Aquecimento global' se volta para outro domínio, a sala de aula, o que amplia suas possibilidades de uso.

Petschel-Held (2005) apresenta uma visão geral sobre os requisitos e condições para modelização nesta área, menciona um modelo sobre o efeito das alterações climáticas na agricultura no nordeste do Brasil, o qual tem aspectos comuns ao modelo 'aquecimento global' desenvolvido neste trabalho; por exemplo, a seca influenciando o aumento da perda de produtividade devido à degradação do solo. Entretanto, o modelo não aborda outros fatores como calor, inundação, recursos hídricos, mortalidade de seres vivos, produção industrial, fatores estes abordados no modelo 'aquecimento global'. Percebe-se que o modelo apresentado nesta dissertação oferece uma visão mais ampla dos aspectos relacionados às alterações climáticas.

Em outro trabalho, Salles, Bredeweg e Nuttle (2005) descrevem cinco modelos qualitativos envolvendo três dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio- ODM7 visando aumentar a compreensão do público sobre questões relativas à sustentabilidade ambiental. O modelo 'Aquecimento global' aborda aspectos do tema sustentabilidade que não foram muito discutidos nos modelos aqui citados. Além da influência da indústria e do transporte, por exemplo, o modelo descrito neste trabalho tem como foco a realidade brasileira, abordando a agricultura, seu processo de produção, geração de poluentes, o processo de desmatamento devido a atividades agropecuárias, aspectos relevantes para a contabilidade dos gases estufa produzidos no Brasil.

Garrity (2004) examina o papel da investigação e desenvolvimento agroflorestais em função dos objetivos do desenvolvimento do milênio e apresenta alguns dos efeitos das mudanças climáticas na agricultura e silvicultura. O modelo do 'Aquecimento global' acrescenta, como já mencionado, outros efeitos das mudanças climáticas – seca, calor, inundação intensa – influenciando os recursos hídricos, a agricultura, o deslocamento de populações humanas e a mortalidade de seres vivos, fatores que, por fim, fecham o ciclo afetando a economia do país.

A validação do modelo 'Aquecimento global' por especialista e por professores do ensino médio produziu resultados semelhantes aos obtidos na avaliação do estudo de caso no Riacho Fundo NaturNet-Redime. Em ambos os casos, os professores apontam para o potencial dos modelos para desenvolver competências e habilidades cognitivas se utilizados em sala de aula (BREDEWEG *et al.*, 2006, 2007).

Ressalta-se que no presente estado de implementação, o modelo Aquecimento global não reflete a preocupação mundial dos governos quanto à

estabilização ou redução na emissão de gases indutores do efeito estufa, conforme Protocolo de Quioto (1987), considerado causa do aquecimento global identificada pela maioria das investigações científicas. Entretanto, o modelo induz a sérias reflexões sobre atitudes individuais e coletivas. O modelo trata de agentes pouco conscientes com as questões ambientais, mas na sala de aula o professor pode conduzir discussões sobre políticas de gestão ambiental e seus mecanismos de controle: incentivos do governo às indústrias para instalação de filtros nas chaminés, otimização de resíduos dos processos industriais, dentre outros. No caso da agropecuária, o professor pode discutir sobre práticas agrícolas sustentáveis, como a agricultura orgânica, que se preocupa com a preservação ambiental e com a qualidade de vida. Desse modo, a tendência seria a de reduzir o desmatamento, pois as áreas agrícolas seriam reutilizadas, os resíduos seriam utilizados como fertilizante do solo e a floresta poderia ser mantida em consórcio com plantas de interesse econômico. Então tem-se, desde a agricultura orgânica aos sistemas agroflorestais, técnicas poupadoras de recursos e menos impactantes. Outro ponto a ser discutido tem relação com indústrias e empresas que adotam ações pró-sustentabilidade, o que vai diferenciá-las de outras nestes setores. “A empresa que incorpora a cultura ambiental preocupa-se não só com o processo de produção, mas com as fases anteriores e posteriores a ele, ou seja, com todo seu ciclo de vida” (AZEVEDO, 2003, p. 2).

Ainda em relação ao modelo Aquecimento global, fragmentos de modelo como mecanismos de controle para atuarem sobre as entidades *indústria* e *agropecuária* induzindo a frear processos negativos como o aumento da quantidade de *resíduos* e da *concentração de poluentes* na atmosfera não foram incluídos,

porém é importante que o professor ao conduzir o processo educacional aborde esses mecanismos em discussões na sala de aula.

Do ponto de vista científico, a descrição do problema referente ao Aquecimento global foi simplificada no modelo e tratada com uma visão geral sobre o assunto, que pode ser aprofundada com detalhes sobre outros temas. Por exemplo, sobre os outros gases indutores do efeito estufa, como vapor de água, metano, óxido nitroso, e outros compostos. Outra opção seria implementar representações de outras causas antropogênicas que acentuam o aquecimento global, como a queima de combustíveis fósseis nos transportes. Também seria interessante desenvolver, em trabalhos posteriores, processos e cenários abordando as causas naturais do aquecimento global; o aquecimento devido à energia proveniente do sol e a fertilização de plantas com o dióxido de carbono. Outro ponto relevante já mencionado seria a implementação de novos fragmentos de modelo que afetem a taxa de produção industrial e agropecuária reduzindo-as e funcionando como mecanismo de controle dessas taxas.

No que se refere à construção de sinais, Oliveira (2005) argumenta que “os sinais adequados só aparecem mediante a compreensão dos conceitos. Se estes forem construídos com a turma, os próprios estudantes criarão os sinais, ou mesmo classificadores. Se o professor impõe os sinais, corre-se o risco de a turma ser apenas repetidora dos sinais, sem compreender o conceito estudado” (OLIVEIRA, 2005, p.51). Neste estudo Oliveira (2005) descreve a construção de classificadores em Libras para representar as formas geométricas em educação matemática, o que difere da pesquisa aqui descrita na qual foram gerados sinais e classificadores.

Em relação à terminologia em Libras, de fato, estudos lexicográficos e dicionários disponíveis em Libras são poucos e genéricos, proporcionando cobertura muito baixa de conceitos científicos (MARINHO, 2007). O trabalho aqui descrito tem uma abordagem mais específica, na medida em que procura criar um glossário de sinais próprios da linguagem de modelagem que podem ser reutilizados para diferentes modelos, abrindo a possibilidade de aplicação nos currículos de ciências em biologia, física, química, sustentabilidade e outras disciplinas.

O processo de criação de sinais é complexo, já que o mesmo tem de ser realizado pela comunidade surda. Em primeiro lugar, é necessária uma compreensão profunda do tema a ser representado, tarefa bastante difícil quando se trata de conceitos científicos. Esse entendimento tem de ser alcançado no nível de uma comunidade, um grupo maior, porque é evidente que uma única pessoa não pode impor à comunidade um sinal para um determinado conceito. Enquanto Marinho (2007) descreve a criação de sinais nas aulas de Biologia por um grupo informal de colegas e professores de uma escola de ensino médio e a validação é feita em uso, a abordagem adotada no presente trabalho é mais estruturada. O grupo de estudo adquiriu primeiro a compreensão sobre os modelos qualitativos e os primitivos de modelagem para depois então, criar os sinais. Outro ponto a ser mencionado é o nível de escolaridade dos estudantes que participaram da criação dos sinais, todos estudantes universitários do curso de Letras Libras, portanto, com certo conhecimento de estrutura e formação de sinais. A aplicação dos sinais a dois modelos diferentes forneceu a experiência necessária de reutilização dos sinais em diferentes contextos. A validação dos sinais seguiu procedimento sistemático, iniciou com a apresentação de modelos e dos primitivos de modelagem para os avaliadores, alunos e professores, a fim de familiarizarem com a linguagem

específica de modelagem, seguida de debates e respostas ao questionário, fechando o ciclo com a revisão de cada sinal criado pelo grupo. Assim, pode-se concluir que a rediscussão dos sinais contribuiu para o aperfeiçoamento do glossário gerado em Libras.

As atividades descritas neste trabalho apontam para o desenvolvimento de uma metodologia para a criação de vocabulário científico em Libras a ser estabelecida no futuro a partir da experiência aqui descrita, corroborando a afirmação de Carvalho (2004), que recorre a outros autores, para dizer que uma das funções da escola é justamente introduzir o aluno no mundo da linguagem científica.

O material didático criado aqui é único no ensino de ciências, combina Libras e Português, explorando nas atividades a representação diagramática de modelos qualitativos e nas redações dedica-se a explorar o raciocínio causal e o português como segunda língua (*cf.* SALLES *et al.* 2004, 2005). Observa-se que a organização do material didático contempla a abordagem bilíngüe proposta por Skliar (SKLIAR, 1998 *apud* Quadros, 2006) e enquadra-se bem às necessidades de aprendizagem dos surdos. Além disso, concorda com Quadros (1997 e 2006), pois o meio de instrução para o aluno surdo é a língua de sinais; o que gera um ambiente apropriado à forma de processamento cognitivo e lingüístico dos mesmos.

A forma em que o DVD instrucional está organizado também favorece o estudante e o professor ouvinte que têm a Libras como segunda língua, necessitando muitas vezes da interpretação do que está sendo sinalizado em Libras. Especialmente em salas inclusivas, tanto o professor quanto estudantes ouvintes podem aprender Libras com auxílio do DVD.

Dessa maneira, a dificuldade de comunicação-interação entre o surdo e seus colegas ouvintes e entre o surdo e seus professores, hoje presenciada em

salas de aula, pode ser reduzida com o aprendizado da Libras como segunda língua e adotando-se uma abordagem comunicativa, indicada por Mortimer e Scott (2002) quando discorrem sobre a importância da interação e intervenção do professor em sala de aula de ensino de ciências. Além disso, Stumpf (2007) afirma que, sem interações efetivas em sala de aula, o processo educativo não pode avançar. E concorda com o estudo de Oliveira (2005) que priorizou a compreensão e a interação comunicativa, metodologia também adotada na pesquisa descrita neste trabalho.

No que se refere à sala de aula de ensino de ciências depreende-se que, a falta de vocabulário científico em Libras, afeta seriamente a formação de conceitos científicos e a capacidade de compreender o conteúdo científico por estudantes surdos. Marinho (2007) discute as dificuldades que professores, intérpretes e estudantes surdos encontram em aulas de Biologia nas escolas de ensino médio e conclui que a integração desses atores e o uso de material visual contribui para a melhoria da aprendizagem e para criação de sinais para representar conceitos em Biologia. Além disso, concorda com Neto; Alcântara; Benite e Benite (2007) que apresentam pesquisa participante sobre o processo ensino-aprendizagem de química a alunos surdos e assumem os recursos visuais como fundamentais na mediação pedagógica. E também concorda com Souza, Lebedeff e Barlette (2007) que apresentam estudo parcial de pesquisa acerca das percepções de jovens e adultos surdos sobre uma proposta de ensino de física com estratégias de experimentação e grupo de aprendizagem centrada na experiência visual.

Diante disso, conclui-se que as discussões, os resultados e a proposição - material didático - desta pesquisa beneficiarão o estudante surdo e os professores que trabalham com esse grupo de alunos: o professor regente, o professor da sala

de recursos e o professor-intérprete no ensino médio. Destaca-se que esse material não se restringe a sala de aula de ensino de ciências no ensino médio, mas também pode ser útil a educação científica de estudantes universitários.

Para finalizar, trabalhos em curso incluem o uso do DVD produzido, como proposição deste trabalho, em sala de aula, com alunos surdos e ouvintes. Novos modelos e/ou modelos qualitativos já construídos, disponíveis na biblioteca de modelos qualitativos do Garp 3, serão gravados em vídeo utilizando o glossário de sinais apresentado aqui. Juntamente com vídeos-aula, mais material didático será ilustrado e produzido de acordo com a pedagogia visual. Também serão oferecidos cursos de formação inicial e continuada para professores no ensino médio e uma validação mais ampla dos sinais será realizada para que estes sejam incorporados no léxico da Libras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como intervir no processo de ensino aprendizagem de ciências com vistas a auxiliar a formação de conceitos científicos e sua aplicação a sistemas complexos por estudantes surdos?

As respostas fornecidas pelo estudo a esta questão incluem: a) o enfoque na educação bilíngüe, que tem potencial para atender as necessidades educativas de estudantes surdos e ouvintes; b) a criação de um vocabulário para expressar conceitos científicos em língua de sinais, com base em metodologia estruturada, seguido de procedimentos que incluem a representação de categorias de conceitos científicos que são recorrentes (de modo que o glossário de sinais possa ser reutilizado em diferentes contextos) e o envolvimento da comunidade surda, especialistas, professores; c) a validação dos sinais criados apoiado em procedimento sistemático; d) a pedagogia visual, a qual assume que os surdos aprendem melhor por meio da imagem; e) a produção de material didático baseado em modelos qualitativos, que segue a pedagogia visual com uma abordagem diagramática que integra a Libras e o Português escrito, explorando a aquisição de conceitos científicos e o desenvolvimento do raciocínio inferencial.

A 'prova de conceito' resultante dos esforços dispendidos neste trabalho consiste de material didático contendo glossário bilíngüe, modelos qualitativos, textos explicativos e contextualizadores, atividades educacionais e vídeo-aulas organizadas em um DVD, o qual pode tornar-se a base para a criação de uma comunidade de prática de alunos surdos e ouvintes, que aprendem conceitos científicos utilizando modernas tecnologias de raciocínio qualitativo.

Espera-se que os resultados obtidos neste trabalho e o material didático produzido venham a contribuir efetivamente para a formação de conceitos científicos por estudantes surdos e sua aplicação a sistemas complexos, favorecendo competências para a construção do raciocínio lógico-dedutivo; a resolução de problemas; a construção/apreensão dos conceitos e, conseqüentemente, da terminologia em Língua Portuguesa relacionada às áreas de Biologia, Física, Química e Matemática no ensino médio e superior. Enfim, contribuirá efetivamente para a aprendizagem de conceitos científicos por alunos surdos e ouvintes do ensino médio e superior, inclusive aqueles abordados em projetos interdisciplinares envolvendo diferentes áreas do conhecimento. Além de contribuir para a formação inicial e continuada de professores que trabalham com estudantes surdos e ouvintes: o professor regente, o professor da sala de recursos e o professor-intérprete no ensino médio. Esses resultados podem ter impactos imediatos, levando a mudanças nas práticas pedagógicas, à adoção de novas estratégias de ensino e ao uso de novos instrumentos didático-pedagógicos e de tecnologias educacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR JR, O; LIMA, M.E.C. C; MARTINS, C.C. A formação de conceitos científicos: reflexões a partir da produção de uma coleção de livros didáticos. In: V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (V ENPEC), 2005, Bauru-SP. *Atas do V ENPEC*. Bauru-SP, 2005.

ARAÚJO, S.C.S. *Modelos de simulação baseados em raciocínio qualitativo para avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas*. Brasília, 2005. 218 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biologia. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília.

ARAÚJO, S.C.S; SAITO, C. H; SALLES, P. Raciocínio qualitativo como ferramenta de aprendizado – experiência adquirida ao modelar. *Revista eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, Rio Grande do Sul, p. 1–19, v. 15, jul. a dez. 2005.

AZEVEDO, A. A. *Avaliando um programa de educação ambiental em uma empresa do setor siderúrgico: características e possibilidades desse instrumento de gestão*. Brasília, 2003. 122 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente) – Departamento de Economia, Universidade de Brasília.

BAIRD, C. *Química Ambiental*. São Paulo: Bookman, 2002.

BEZERRA, R. C; PEREIRA, S. P. Inclusão social: a matemática no contexto dos surdos. In: VII EPEM- ENCONTRO PAULISTA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 2004, São Paulo/SP. *Atas do VII EPEM- Encontro Paulista de Educação Matemática*. São Paulo/SP: Sociedade Brasileira de Educação Matemática SBEM/SP, 2004. v. único.

BEZERRA, R. C; COSTA, V. S. O ensino de matemática para surdos: uma perspectiva de inclusão social. In: IV JORNADA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 2005, Concórdia-SC. *Atas do IV Jornada de Educação Matemática - Conhecimento Matemático no Contexto das Diversas Linguagens de Informação*. Concórdia-SC: Universidade do Contestado, 2005a, v. único, p. 01-02.

BEZERRA, R. C; PEREIRA, S. P; COSTA, V. da S. A educação matemática no contexto dos surdos. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 2004, Recife-PE. *Atas do VIII Encontro Nacional de Educação Matemática*. Recife-PE: Sociedade Brasileira de Educação Matemática - SBEM, 2004.

BEZERRA, R. C; COSTA, V. S. O ensino da matemática para surdos: uma perspectiva de inclusão social. In: IV SEMANA ACADÊMICA DE MATEMÁTICA- A FORMAÇÃO DO PROFESSOR DE MATEMÁTICA SOB DIVERSOS OLHARES, 2005, Foz do Iguaçu-PR. *Atas da IV Semana Acadêmica de Matemática- A Formação do Professor de Matemática sob Diversos Olhares*. Foz do Iguaçu-PR: Colegiado de Matemática, 2005b. v. único, p. 01-01.

BLANCO, R. Os docentes e o desenvolvimento de escolas inclusivas. *Revista PRELAC*, Santiago, n. 1, p. 174-177, jun. 2005. Disponível em <http://www.unesco.cl/medios/biblioteca/documentos/os_docentes_e_o_desenvolvimento_de_escolas_inclusivas_rosa_blanco_revista_prelac_portugues_1.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2007.

BORGES, F.A. *Institucionalização (sistemática) das representações sociais sobre a “deficiência” e a surdez: relações com o ensino de ciências/matemática*. Maringá, 2006. 164 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e Ensino de Matemática, Universidade Estadual de Maringá.

BRASIL. Plano Nacional de Educação (2001). Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/plano1.pdf> > Acesso em: 19 jan. 2009.

BREDEWEB, B; FORBUS, K. Qualitative modelling in education, *AI magazine*, n. 24, p. 35-46, 2003.

BREDEWEG, B; BOUWER, A; JELLEMA, J; BERTELS, D; LINNEBANK, F; LIEM, J. Garp3 - A new workbench for qualitative reasoning and modelling. In: 20TH INTERNATIONAL WORKSHOP ON QUALITATIVE REASONING (QR06), *Proceedings of the 20th international workshop on qualitative reasoning (QR06)*, BAILEY-KELLOGG, C; KUIPERS, B. (Eds.), p. 21-28, 2006.

BREDEWEG, B; SALLES, P; BERTELS, D; RAFALOWICZ, J; BOUWER, A; LIEM, J; FELTRINI, G. M; CALDAS, A. L. R; RESENDE, M. M. P; ZITEK, A; NUTTLE, T. Training report on using QR for learning about sustainable development. Naturnet-Redime, STREP project co-funded by the European Commission within the Sixth Framework Programme (2002-2006), Project no. 004074, Project Deliverable Report D7.2, 2007.

CAMARGO, E. P. Considerações sobre o ensino de física para deficientes visuais, de acordo com uma abordagem sócio-interacionista. In: III ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (III ENPEC), 2001, Atibaia-SP. *Atas do III ENPEC*, Atibaia-SP, 2001.

CAMARGO, E. P. Ensino de ciências, parâmetros curriculares nacionais e necessidades educacionais especiais. In: V ENPEC - ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2005, Bauru-SP. *Atas do V ENPEC*, Bauru-SP, 2005.

CAMARGO, E. P.; SANTOS, S. L. R.; NARDI, R.; VERASZTO, E.V. Alunos com deficiência visual em um curso de química: fatores atitudinais como dificuldades educacionais. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (VI ENPEC), 2007, Florianópolis-SC. *Atas do VI ENPEC*. Florianópolis-SC, 2007.

CAMARGO, E. P.; SILVA, D. Atividade e material didático para o ensino de física a alunos com deficiência visual: queda dos objetos. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (IV ENPEC), 2003, Bauru-SP. *Atas do IV ENPEC*. Bauru-SP, 2003.

CAMPELLO, A. R. S. Pedagogia Visual /Sinal na Educação dos Surdos. In: QUADROS, R. (Org.). *Estudos Surdos II*. 1. ed. Rio de Janeiro: Arara Azul, 2007, p. 100-131. (Série pesquisas).

CAPOVILLA, F.C; RAPHAEL, W.D. (Eds.). *Dicionário Enciclopédico Ilustrado Trilíngüe da Língua de Sinais Brasileira*. São Paulo: Editora da USP, 2001. 2 v.

CARVALHO, A. M. P. Critérios estruturantes para o ensino de ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

CARVALHO, D. M.; LIMA, M.C.A.B. Física, cadê você? In: XV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA (XV SNEF). *Anais do XV SNEF*, CEFET-PR-UFPR, Curitiba-Paraná, 2003a.

CARVALHO, D.M.; LIMA, M.C.A.B. A importância de ensinar física para pessoas de ensino fundamental portadoras de necessidades especiais auditivas. *Arquivo*, Rio de Janeiro: INES, v.7(jan/jun), p. 38, 2003b.

CEDOC – Centro de Documentação em Ensino de Ciências. Disponível em: <<http://www.fae.unicamp.br/cedoc/>>. Acesso em: 24 mar. 2009.

COSTA, G. G.; GOMES, P. C.; JÚNIOR, J. L. O ensino de ciências naturais nas séries iniciais: educação inclusiva, competências e habilidades para a aprendizagem. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (IV ENPEC), 2003, Bauru-SP. *Atas do IV ENPEC*. Bauru-SP, 2003.

DEMAMANN, S. T. *Educação Ambiental e representações sociais na Educação de Surdos*. Rio Grande do Sul, 2006. 109 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Maria.

DIAS, V. N. C. F. *A investigação da educação de surdos no contexto do ensino de ciências*. Minas Gerais, 2007. 35 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Especialista em Ensino de Ciências por Investigação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais.

Dicionário de Libras Ilustrado. Secretaria de Educação do Governo de São Paulo, (s.d.).

DIONÍSIO, A.P. Gêneros multimodais e multiletramento. In: KARWOSKI, A.M. (Org.) *Gêneros textuais: reflexões e ensino*. 2. ed. rev. e ampliada. Rio de Janeiro: Lucerna, 2006, p. 131-144.

DRIVER, R; ASOKO, H; LEACH, J; MORTIMER, E; SCOTT, P. Construindo conhecimento científico em sala de aula. *Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 9, p. 31-40, 1999.

DUARTE, A. C. S; SILVA, E. S; RAZERA, J.C.C; DUARTE, J. B. Percepções de alunos deficientes visuais sobre educação ambiental. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (VI ENPEC), 2007, Florianópolis-SC. *Atas do VI ENPEC*, 2007.

DUARTE, M. C.; GONÇALVES, M. F. Evolução do conceito de germinação em alunos com necessidades educativas especiais – um estudo no 6º ano de escolaridade. In: III ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (III ENPEC), 2001, Atibaia-SP. *Atas do III ENPEC*. Atibaia-SP, 2001.

FALKENHAINER, B.; FORBUS, K. Compositional Modeling: Finding the Right Model for the Job. *Artificial Intelligence*, 51(1-3), p. 95-143, 1991.

FARIA, S. P. *A metáfora na LSB e a construção dos sentidos no desenvolvimento da competência comunicativa de alunos surdos*. Brasília, 2003. 335 f. Dissertação (Mestrado em lingüística) – Instituto de Letras, Universidade de Brasília.

_____. Interface da Língua Brasileira de Sinais com a Língua Portuguesa e suas implicações no ensino de Português, como segunda língua, para surdos. In: *Pesquisa Lingüística*, Brasília: Revista da Pós-Graduação em Lingüística da Universidade de Brasília. n. 6, 2001.

FAULSTICH, E. Formação de termos: do constructo e das regras às evidências empíricas. In: FAULSTICH, E; ABREU, S.P. (Orgs.). *Lingüística aplicada à terminologia e à lexicologia*. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Letras, NEC, 2003, p. 11-31.

FELIPE, T.A. *Libras em contexto: curso básico*, livro do estudantes/cursista. Brasília: programa Nacional de Apoio à Educação de Surdos, MEC; SEESP, 2001.

_____. Sistema de flexão verbal na libras: os classificadores enquanto marcadores de flexão de gênero. *Anais do Congresso Nacional do INES*. Rio de Janeiro, 2002.

FENNER, R.C. *Contribuições do design na produção de software educacional*. Florianópolis, 2000. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC.

FERNANDES, E. *Linguagem e surdez*. Porto Alegre: Artmed, 2003.

FERREIRA, A. C; DICKMAN, A. G. Ensino de física a estudantes cegos na perspectiva dos professores. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (VI ENPEC), 2007, Florianópolis-SC. *Atas do VI ENPEC*. Florianópolis-SC, 2007.

FORBUS, K. Qualitative process theory. *Artificial Intelligence*. Amsterdam: IOS Press/Omasha, n. 24, p. 85–168, 1984.

FREEMAN, R. D. *Seu filho não escuta?* Um guia para todos que lidam com crianças surdas. Brasília: CORDE, 1999.

GARRITY, D.P. Agroforestry and the achievement of the Millennium Development Goals. *Agroforestry Systems*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, n. 61, p. 5–17, 2004.

GAUCHE, R.; FELTRINI, G. M. Ensino de ciências a estudantes surdos: pressupostos e desafios. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (VI ENPEC), 2007, Florianópolis-SC. *Atas do VI ENPEC*. Florianópolis-SC, 2007.

GRANNIER, D. M. Uma proposta metodológica para o ensino da língua portuguesa por escrito a surdos. In: IV CONGRESSO INTERNACIONAL DA ABRALIN, 2005, Brasília. *Livro de resumos – IV Congresso Internacional da ABRALIN*. Brasília, 2005.

GRIMM, V. Mathematical models and understanding. In ecology. *Ecological Modelling*, Netherlands: Elsevier, n. 75-76, p. 641-651, 1994.

Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/index.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2007.

KARWOSKI, A.M. (Org.) *Gêneros textuais: reflexões e ensino*. 2. ed. rev. e ampliada. Rio de Janeiro: Lucerna, 2006.

LIMA, M. E. C. C. Formação continuada de professores de Química. *Química Nova na Escola*, n. 4, p. 12-17, 1996.

LIRA, G.A.; SOUZA, T.A.F. *Dicionário Digital da Língua Brasileira de Sinais*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Educação de Surdos, 2005.

LIVINGSTON, S. *Rethinking the education of deaf students*. Portsmouth-NH: Heinemann, 1997.

LORENZINI, N. M. P. *Aquisição de um conceito científico por alunos surdos de classes regulares do ensino fundamental*. Florianópolis, 2004. 156 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina.

MARINHO, M. L. *O ensino da biologia: o intérprete e a geração de sinais*. Brasília, 2007. 144 f. Dissertação (Mestrado em Lingüística) – Instituto de Letras, Universidade de Brasília.

MARSCHARK, M. *et al.* Classroom Interpreting and Visual Information Processing in Mainstream Education for Deaf Students: Live or Memorex? *American Educational Research Journal Winter*. S. I. 2005, v. 42, n. 4, p. 727–761.

MARSCHARK, M; LANG, H. G; ALBERTINI, J. A. *Educating deaf students: from research to practice*. New York: Oxford University Press, 2002.

MION, R. A. e SAITO, C. H. *Investigação-ação: mudando o trabalho de formar professores*. Ponta Grossa: Gráfica Planeta, 2001.

MOLL, Luis C. *Vygotsky e a educação: implicações pedagógicas da psicologia sócio-histórica*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

MOREIRA, M. A. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. Adaptado e atualizado, em 1997, de um trabalho com o mesmo título publicado em *O Ensino, Revista Galáico Portuguesa de Sócio-Pedagogia e Sócio-Linguística*, Pontevedra/Galícia/Espanha e Braga/Portugal, n. 23-28, p. 87-95, 1988.

MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.

MORTIMER, E. F; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre: UFRS, vol 7, n. 3, p. 283-306, dez., 2002.

MOTA, M. S. C. Necessidades especiais no ensino de química. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (IV ENPEC), 2003, Bauru-SP. *Atas do IV ENPEC*. Bauru-SP, 2003.

MYKLEBUST, H. E. *The psychology of deafness* (2nd ed.). New York: Grune & Stratton, 1964.

NETO, J. M; FRACALANZA, H.; FERNANDES, R. C. A. O que sabemos sobre a pesquisa em educação em ciências no Brasil (1972-2004). In: V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (V ENPEC), 2005, Bauru-SP. *Atas do V ENPEC*. Bauru-SP, 2005.

NETO, L. L; ALCÂNTARA, M. M; BENITE, C. R. M; BENITE, A. M. C. O ensino de química e a aprendizagem de alunos surdos: uma interação mediada pela visão. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (VI ENPEC), 2007, Florianópolis-SC. *Atas do VI ENPEC*. Florianópolis-SC, 2007.

NEVILLE, H. J. Intermodal competition and compensation in development: Evidence from studies of the visual system in congenitally deaf adults. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 608, 71–91, 1990.

NEVILLE, H. J; LAWSON, D. Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task: An event-related potential and behavioral study.II. Congenitally deaf adults. *Brain Research*, 405, 268–283, 1987.

NOGUEIRA, L.S; REIS, L.R; RICARDO, E.C. Ensino de física para portadores de deficiência auditiva: o problema dos livros didáticos.In: XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2005, ISBN: Português, meio digital.

Objetos de Avaliação do PAS. Disponível em:
<<http://www.cespe.unb.br/PAS/oquepas/oquepas2.htm>> Acesso em: 30 jul 2008.

OLIVEIRA, J.S. Educação Matemática de Surdos: uma experiência com origami. *Arqueiro*, Rio de Janeiro-INES: Jorday, vol.10/11, p. 49-55, jan-jun, 2005.

PERLIN, G.T.T; STROBEL, K. Fundamentos da Educação de Surdos. Florianópolis-SC: CED/CCE/UFSC, abr., 2006, 71 f.

PETSCHHEL-HELD, G. Qualitative reasoning and global change research: experiences from modeling human-environment systems for policy advice. In: HOFBAUR, M; RINNER, B; WOTAWA, F. (Eds.) *Proceedings of the nineteenth international workshop on qualitative reasoning (QR05)*, Graz, Austria, 18-20 May 2005, pp. 4-7. ISBN 3-9502019-0-4

PIRES, R. F. M; RAPOSO, P. N; MÓL, G. S. Adaptação de um livro didático de química para alunos com deficiência visual. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (VI ENPEC), 2007, Florianópolis-SC. *Atas do VI ENPEC*, 2007.

Protocolo de Quioto (1987). Disponível em:
<<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/4006.html>>. Acesso em: 20 nov. 2007.

QUADROS, R. M. de. Educação de Surdos: a aquisição da linguagem. Reimp. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

_____. (Org.). *Estudos Surdos I*. Petrópolis-RJ: Arara Azul, 2006.(Série pesquisas).

QUADROS, R. M. de; KARNOPP, L. *Língua de sinais brasileira: estudos lingüísticos*. Porto Alegre: ArtMed, 2004.

RAMOS, M. G. Epistemologia e ensino de ciências: compreensão e perspectivas. In: MORAES, R. (Org.). *Construtivismo e o ensino de Ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas*. Porto Alegre: Edipucrs, 2000, p. 13-35.

ROCHA, F.T. Língua brasileira de sinais: um estudo encefalográfico de sua funcionalidade cerebral. Disponível em <<http://www.enscer.com.br/pesquisas/artigos/libras/libras.html>>. Acesso em 20 jun. 2008.

RODRIGUES, N. Organização neural da linguagem. In: MOURA, M. C; LODI, A. C; PEREIRA, M. C. (Eds.). *Língua de sinais e educação do surdo*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Neuropsicologia. SBNp, 1993.

RYKIEL, E. Testing Ecological Models: the meaning of validation. In: *Ecological Modelling*, Netherlands: Elsevier, v. 90, p. 229-244, 1996.

SABANAI, N. L. A Evolução da Comunicação entre e com surdos no Brasil. *Revista Helb*, Ano I, Número 1, Agosto de 2006. Disponível em <http://www.unb.br/il/let/helb/linhadotempo/index.php?option=com_content&task=view&id=29&Itemid=29>. Acesso em: 13 ago. 2007.

SALLES, H. M. M. L. A; RAMOS, A. A. L; FAULSTICH, E; CARVALHO, O. L. S. *Ensino de Língua Portuguesa para Surdos: caminhos para a prática pedagógica*. Brasília: MEC/SEESP, 2002, v. 2.

SALLES, H.M.M.L; SALLES, P; BREDEWEG, B. Qualitative reasoning in the education of deaf students: scientific education and acquisition of Portuguese as a second language. In: 18th International Workshop On Qualitative Reasoning (Qr2004), 2004, Evanston Illinois-EUA. *Proceedings of the 18th international workshop on qualitative reasoning (QR2004)*. Evanston Illinois-EUA: Northwestern University, 2-4 ago. 2004.

SALLES, H.M.M.L; SALLES, P.S.B.A; CHAN, A.C.V. Formulação de inferências e propriedades da interlíngua dos surdos. In: LIMA –SALLES, H.M.M. (Org.). *Bilingüismo dos surdos: questões lingüísticas e educacionais*. 1ª ed. Goiânia: Canône Editorial, 2007a, p. 97-118.

SALLES, P; BREDEWEG, B. Modelos conceituais baseados em Raciocínio Qualitativo. In: *Revista Tecnologia da Informação* (ISSN 1516-9197), 2005.

SALLES, P; BREDEWEG, B; CALDAS, A. L.R; NUTTLE, T. Modelling sustainability in the Riacho Fundo water basin (Brasília, Brazil). In: 21ST INTERNATIONAL WORKSHOP ON QUALITATIVE REASONING (QR'07), 2007, Aberystwyth, (Wales, U.K.). CHRIS PRICE (Ed.), *Proceedings of the 21st International Workshop on Qualitative Reasoning (QR'07)* Aberystwyth, (Wales, U.K.), 26-28 June, 2007b, pages 147-160.

SALLES, P; BREDEWEG, B; NUTTLE, T. Qualitative models of indicators for environmental sustainability of the millennium development goals. In: 19TH INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE (IJCAI-05), 2005, Edinburgh-Escócia. PICARDI, C; SALLES, P; WOTAWA, F. (Eds.) *Notes of the 2nd MONET Workshop on Model-Based Systems (MONET 05)*, Edinburgh-Escócia, 30 de jul. 2005, pp. 66-72.

SALLES, P; GAUCHE, R; VIRGMOND, P. A qualitative model of the Daniel cell for chemical education. In: 18TH INTERNATIONAL WORKSHOP ON QUALITATIVE REASONING (QR2004), 2004, Evanston Illinois-EUA. *Proceedings of the 18th international workshop on qualitative reasoning (QR2004)*, Evanston Illinois-EUA: Northwestern University, 2-4 ago. 2004.

SALLES, P; LIMA-SALLES, H; BREDEWEG, B. The use of qualitative reasoning models of interactions between populations to support causal reasoning of deaf students. In: LOOI, C.-K; MCCALLA, G; BREDEWEG, B; BREUKER, J. (Orgs.) *Artificial Intelligence in Education: Supporting learning through Intelligent and Socially Informed Technology*. 1 ed. Amsterdam: IOS Press / Omasha, 2005, v.1, p. 579-586.

SALLES, P.; FELTRINI, G. M.; CALDAS, A. L. R. ; RESENDE, M. M. P. Evaluation of the Riacho Fundo Qualitative Model. *Naturnet-Redime Newsletter*, Praga, República Tcheca, v. 6, p. 9 - 9, 20 dez. 2006.

SANTANA, C; LIMA, M. C. B. O ensino de física no mundo do silêncio: nossos primeiros passos. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (IV ENPEC), 2003, Bauru-SP. *Atas do IV ENPEC*. Bauru-SP, 2003.

SANTOS, W. L. P. Letramento em Química, educação planetária e inclusão social. *Química Nova*, v. 29, n. 3, p. 611-620, 2006.

SILVA, J.C; JUNIOR, M.F.R. O ensino de física e os portadores de deficiência auditiva: um estudo de caso na região de Itajubá. In: I ENCONTRO SUL-MINEIRO DE ENSINO DE FÍSICA DE ITAJUBÁ, 2007, MG. *Anais do I Encontro Sul-Mineiro de Ensino de Física*. Itajubá, 2007.

SILVA, L. H. A; ZANON, L. B. A experimentação no ensino de ciências. In: SCHNETZLER, R. P; ARAGÃO, R. M. (Orgs.). *Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens*. Piracicaba: Capes/Unimep, 2000, p. 120-153.

SILVA, M. A; SILVA, L. C; MION, R. A. O ensino de física e os portadores de necessidades educativas especiais: o processo de inclusão no ensino-aprendizagem. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (IV ENPEC), 2003, Bauru-SP. *Atas do IV ENPEC*. Bauru-SP, 2003a.

_____. A prática inclusiva no ensino de física para portadores de deficiência auditiva. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (IV ENPEC), 2003, Bauru-SP. *Atas do IV ENPEC*. Bauru-SP, 2003b.

SKLIAR, C; LUNARDI, M. L. Estudos Surdos e estudos Culturais em educação: um debate entre professores ouvintes e surdos sobre o currículo escolar. In: LACERDA, C. B. F; GÓES, M. C. R. (Orgs.) *Surdez: processos educativos e subjetividade*. São Paulo: Lovise, 2000.

SOUZA, C. E. P; ORLANDINI, M. L; SOUZA, S. C. Ações em educação ambiental: ampliando limites no trabalho junto aos estudantes com necessidades educacionais especiais. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (IV ENPEC), 2003, Bauru-SP. *Atas do IV ENPEC*. Bauru-SP, 2003.

SOUZA, S; LEBEDEFF, T.B; BARLETTE, V.E. Percepções de um grupo de jovens e adultos surdos acerca de uma proposta de ensino de física centrada na experiência visual. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (VI ENPEC), 2007, Florianópolis-SC. *Atas do VI ENPEC*. Florianópolis-SC, 2007.

SPERBER, D; WILSON, D. *Relevance: Communication and Cognition*. Oxford (UK) and Cambridge (Mass): Blackwell Publishers Ltda, 1995.

STUMPF, M. Escrita de sinais I. Florianópolis-SC: CED/CCE/UFSC, 2007.

TATO, A. L; LIMA, M. C. B. Material de equacionamento tátil para portadores de deficiência visual. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (VI ENPEC), 2007, Florianópolis-SC. *Atas do VI ENPEC*, Florianópolis-SC, 2007.

THARPE, A; ASHMEAD, D; ROTHPLETZ, A. Visual attention in children with normal hearing, children with hearing aids, and children with cochlear implants. *Journal of Speech, Hearing, and Language Research*, 45, 403–413, 2002.

TRIVIÑOS, A.N.S. *et al. A pesquisa qualitativa na educação física: alternativas metodológicas*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/Sulina, 1999.

VIANNA, A. C.C. *Aquisição de português por surdos: estruturas de posse*. Brasília, 2003. 144f. Dissertação (Mestrado em Lingüística) – Instituto de Letras, Universidade de Brasília.

VYGOTSKY, L.S. *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

WELD; KLEER, J. de (Eds.) *Readings in Qualitative Reasoning about Physical Systems*. San Mateo-CA: Morgan Kaufmann, 1990.

WELLINGTON, J; OSBORN, J. *Language and Literacy in Science Education*. Philadelphia: Open Universtity Press, 2001.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – ATIVIDADES CRIADAS PARA EXPLORAR MODELOS QUALITATIVOS

APÊNDICE 1.1 – ATIVIDADE 1: PROCESSO DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL

MODELO 'AQUECIMENTO GLOBAL' PROCESSO DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL

ATIVIDADES ENVOLVENDO RACIOCÍNIO QUALITATIVO

1- Observe os fragmentos de modelo abaixo.

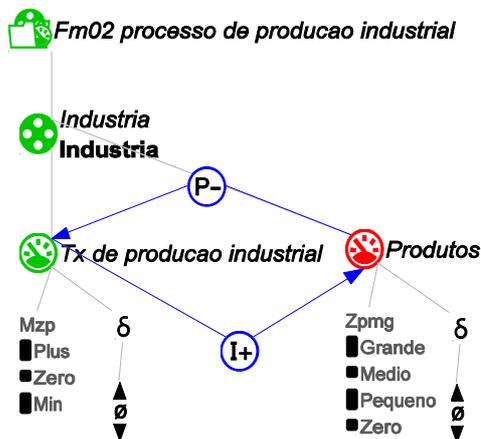


Figura 1 – 'Processo de produção industrial e produtos'

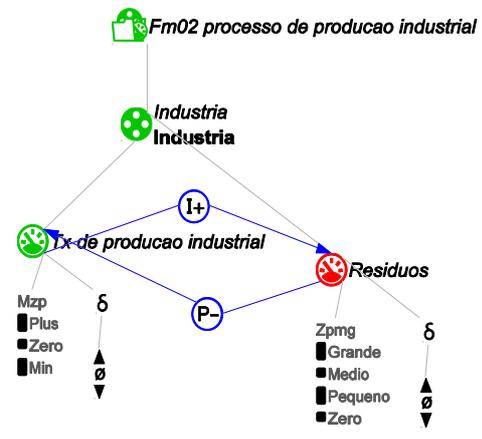


Figura 2 – 'Processo de produção industrial e resíduos'

1.1- Acerca dos elementos incluídos nos fragmentos de modelo mostrados nas Figuras 1 e 2, associe as colunas:

- (1) Entidade
- (2) Quantidade
- (3) Influência direta
- (4) Proporcionalidade qualitativa
- (5) Valores qualitativos de magnitude
- (6) Valores das derivadas

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| () Taxa de produção Industrial | () I+ |
| () Indústria | () crescendo, estável e decrescendo |
| () zero, pequeno, médio, grande | () min, zero, plus |
| () Produtos | () Resíduos |
| () P+, P- | |

1.2- Preencha as lacunas com elementos do modelo mostrados nas Figuras 1 e 2:

a) O processo de produção industrial é representado pela entidade _____ e pelas quantidades _____, _____ e _____.

A Influência direta (I+) mostra que se a taxa de produção industrial é positiva, a quantidade produtos _____ e a quantidade resíduos _____ (aumenta / diminui).

A proporcionalidade P- funciona como um mecanismo de _____ capaz de estabilizar o processo de produção industrial.

2- Analise as figuras abaixo.

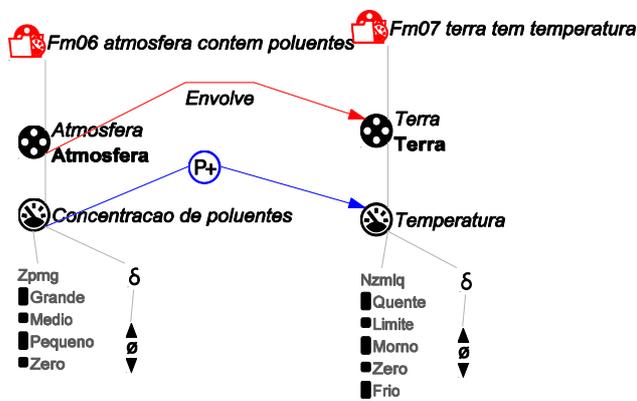


Figura 3 – Atmosfera envolve a Terra

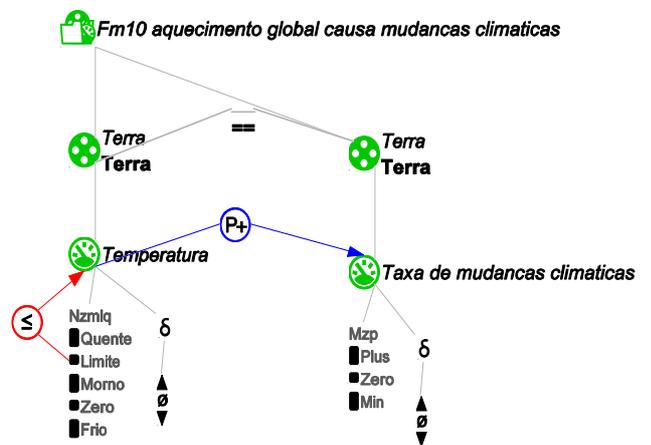


Figura 4 – Temperatura e Mudanças climáticas

As Figuras 3 e 4 mostram que a concentração de poluentes afeta a temperatura da Terra e esta, por sua vez, influencia a taxa de mudanças climáticas. Acerca desses temas, responda os itens abaixo.

2.1- O que aconteceria se a concentração de poluentes aumentasse?

2.2 - Ao analisar os possíveis valores da quantidade temperatura mostrados na Figura 4, existe um limite para a temperatura da Terra, acima do qual esta se torna muito quente, situação que pode ter conseqüências graves para a economia e para o planeta. Assim, se a temperatura da Terra se tornar maior ou igual ao valor limite, qual será o comportamento da taxa de mudanças climáticas? Justifique.

3 - Analise os fragmentos de modelo mostrados nas figuras abaixo.

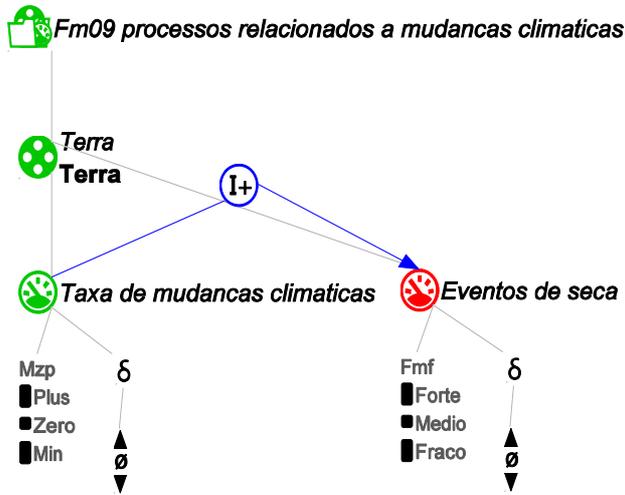


Figura 5 – ‘Mudanças climáticas e eventos de seca’

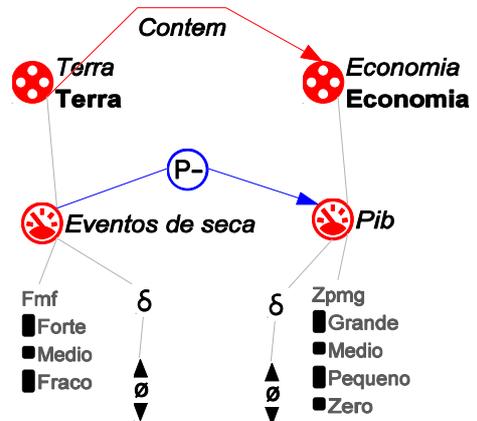


Figura 6 – ‘Eventos de seca e PIB’

3.1- Acerca do fragmento de modelo representado na Figura 5, responda:

- (a) A quantidade que causa mudança na outra é _____.
- (b) A quantidade que é influenciada e muda devido à outra é _____.

3.2 - Com relação ao fragmento representado na Figura 6, responda:

- (a) A quantidade que causa mudança na outra é _____.
- (b) A quantidade que é influenciada e muda devido à outra é _____.

3.3 – A partir da cadeia de causalidade representada nas Figuras 5 e 6, responda: as mudanças climáticas favorecem ou prejudicam a economia do país? Por que?

4 - Observe o modelo causal abaixo e responda as questões seguintes:

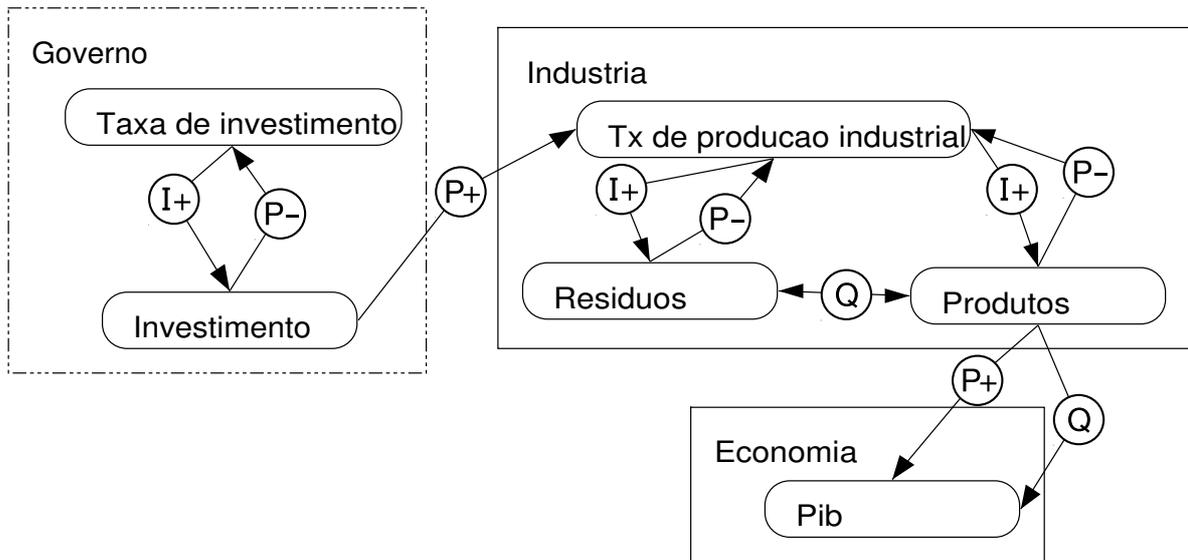


Figura 7 – Modelo causal obtido na simulação do cenário ‘Investimento do Governo na Indústria move a Economia’

5.1-A respeito do modelo causal mostrado na figura acima, assinale (C) para itens CERTOS e (E) para itens ERRADOS:

- () Se a taxa de investimento do Governo é positiva, então a taxa de produção industrial diminui.
- () Se a taxa de produção industrial é positiva, então a quantidade de produtos industriais aumenta.
- () Se a taxa de produção industrial é positiva, então a quantidade de resíduos industriais aumenta.
- () Se a quantidade de produtos industriais aumenta, então o PIB diminui.
- () Se a taxa de produção industrial é positiva, então o PIB aumenta.
- () A quantidade de resíduos aumenta porque a taxa de investimento do governo é positiva.
- () Os produtos diminuiriam porque a taxa de produção industrial é negativa.
- () Os resíduos aumentaram porque a quantidade de produtos diminuiu.
- () Se quantidade produtos tiver valor grande, a quantidade resíduos também terá valor grande.
- () O PIB aumentou porque a taxa de produção é positiva.

5.2- Preencha as lacunas AUMENTOU/AUMENTARAM ou DIMINUIU/DIMINUÍRAM:

- a) A taxa de produção é positiva porque o investimento do governo _____.
- b) O PIB diminuiu porque os produtos _____.
- c) Os produtos diminuiriam porque o investimento do governo _____.
- d) O PIB aumentou porque o investimento do governo _____.

6 - Observe o modelo causal abaixo e responda as questões que se seguem.

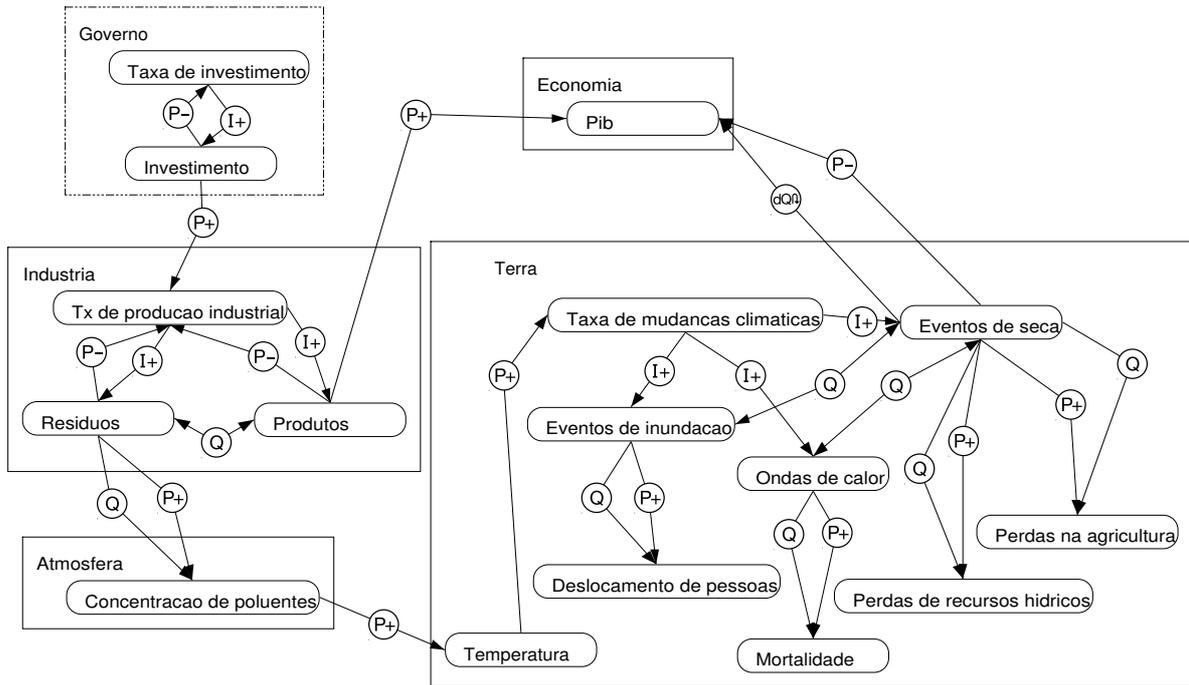


Figura 8 – Modelo causal ‘Investimento do governo e efeitos das mudanças climáticas’

6.1- Preencha os espaços em branco com AUMENTA ou DIMINUI:

a) Se o investimento do governo na indústria aumenta, então

- a quantidade de resíduos industriais: _____.

b) Se a concentração de poluentes _____, então

- os eventos de inundação aumenta,
- a mortalidade de pessoas _____,
- as perdas na agricultura _____,
- as perdas de recursos hídricos _____,
- o deslocamento de pessoas aumenta,
- os eventos de inundação aumentam.

c) A temperatura da Terra está aumentando porque:

- a quantidade de resíduos industriais _____ e
- a concentração de poluentes _____.

d) Suponha que as indústrias da região Sudeste do Brasil tenham instalado filtros na saída das chaminés das indústrias. Nessa situação, com o passar do tempo, o PIB regional pode ter aumentado porque

- a quantidade de resíduos industriais _____,
- a concentração de poluentes _____,
- os eventos de inundação _____,
- os eventos de seca _____,
- as ondas de calor _____.

6.2- Complete as frases seguintes:

- a) O deslocamento de pessoas _____ porque a taxa de mudanças climáticas é positiva.
- b) A perda de recursos hídricos _____ porque os resíduos industriais aumentaram.
- c) As ondas de calor aumentaram porque a temperatura da Terra _____.
- d) O PIB _____ porque a taxa de mudanças climáticas é positiva.
- e) A perda de recursos hídricos _____ porque os resíduos industriais diminuíram.
- f) As ondas de calor diminuíram porque a temperatura da Terra _____.
- g) O PIB _____ porque a taxa de mudanças climáticas é zero.

6.3 – José Domingos Gonzalez Miguez, coordenador-geral de Mudanças Globais do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), diz que os impactos adversos projetados pelo IPCC, que apontam várias conseqüências sobre os ecossistemas naturais, dão uma idéia da vulnerabilidade dos ecossistemas brasileiros. Entre os efeitos podem estar: a redução geral no potencial de produção agrícola na maior parte das regiões tropicais e subtropicais; a disponibilidade reduzida de água em regiões onde já era escassa; o risco maior de enchentes; e maior demanda por refrigeração devido a maiores temperaturas no verão, entre outros efeitos. Ele diz que, como os impactos são diferentes em cada região, os programas teriam que ser elaborados também regionalmente.

Fonte: [Impacto sobre ecossistemas do Brasil é incerto](http://www.comciencia.br/reportagens/clima/clima10.htm). Disponível em <<http://www.comciencia.br/reportagens/clima/clima10.htm>>. Acesso em 17 abr. 2008.

Analizando o modelo causal, qual a sua opinião sobre a reportagem acima? Você concorda que as mudanças climáticas são diferentes em cada região? Justifique.

APÊNDICE 1.2 – ATIVIDADE 2: PROCESSO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

MODELO 'AQUECIMENTO GLOBAL' PROCESSO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA ATIVIDADES ENVOLVENDO RACIOCÍNIO QUALITATIVO

Texto de apoio - Desmatamento

Desflorestação, desflorestamento ou desmatamento é o processo de desaparecimento de massas florestais (bosques), fundamentalmente causada pela atividade humana. A desflorestação é diretamente causada pela ação do homem sobre a natureza, principalmente devido a abates realizados pela indústria madeireira, tal como para a obtenção de solo para cultivos agrícolas.

Fonte: Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Desmatamento>>. Acesso em: 19 maio 2008.

Parte I – Processo de Produção Agropecuária

Observe o fragmento de modelo:

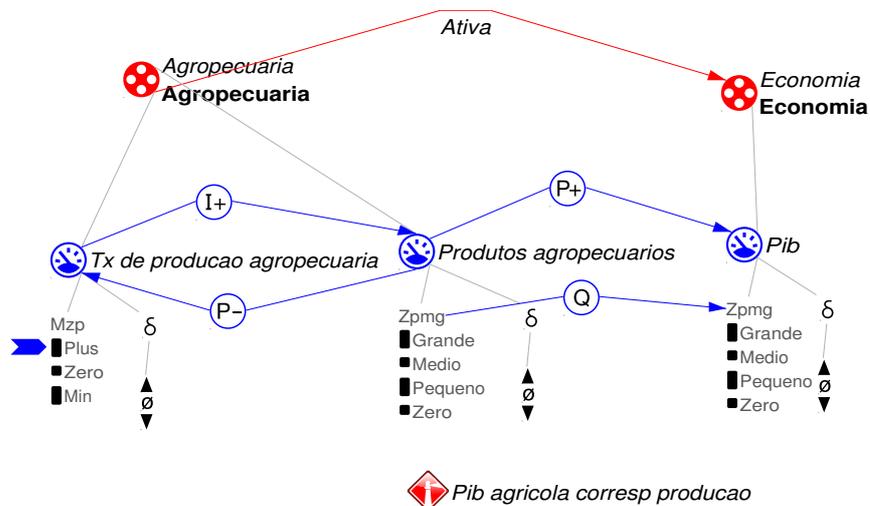


Figura 1 – Fragmento de modelo 'Processo de Produção Agropecuária'

1.1- Identifique:

a) Entidade: _____.

b) Configuração: _____.

c) Quantidades: _____.

d) Influência Direta: _____.

e) Quantidade-fonte da influência direta: _____.

f) Quantidades-alvo da influência direta: _____.

- g) Possíveis valores quantitativos da taxa de produção agropecuária: _____.
- h) Proporcionalidades qualitativas: _____.
- i) Correspondência: _____.
- j) Pressuposto: _____.

1.2 - Acerca da relação de causa e efeito representada no fragmento, preencha as lacunas com AUMENTA, DIMINUI, GRANDE, PEQUENO ou INVERSO.

- a) Se a Taxa de produção agropecuária é positiva, então a quantidade de produtos agropecuários _____.
- b) Se a quantidade de produtos agropecuários aumenta, então a quantidade PIB _____.
- c) A proporcionalidade P- significa que se a quantidade de produtos agropecuários aumentar, então a taxa de produção agropecuária _____.
- d) A correspondência Q indica que quando a quantidade produtos agropecuários assume o valor grande, então a quantidade PIB assume o valor _____.

1.3 - Descreva com suas palavras o significado do fragmento de modelo 'Processo de Produção Agropecuária'(Figura 1).

2- Observe o fragmento de modelo:

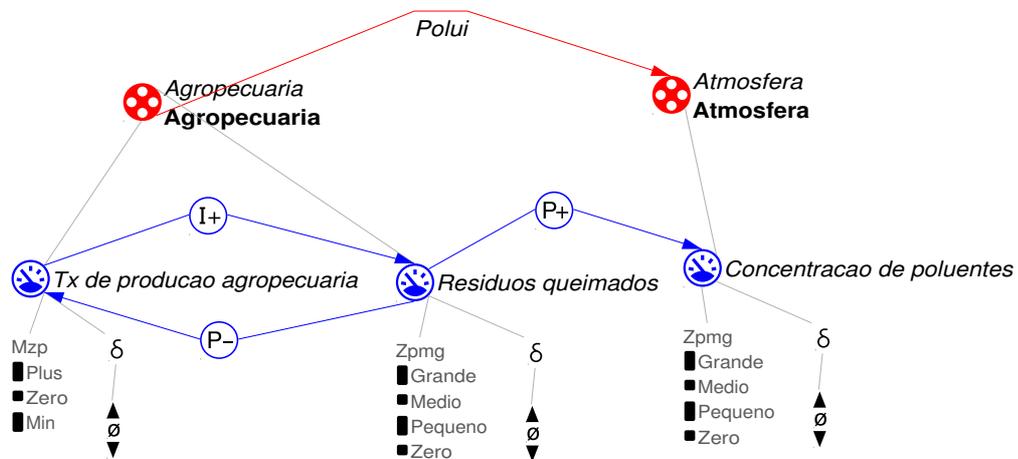


Figura 2 – Fragmento de modelo ‘agropecuária polui atmosfera’

2.1- Assinale (C) Certo ou (E) Errado:

- () Os resíduos queimados aumentaram porque a taxa de produção agropecuária aumentou.
- () A quantidade de resíduos queimados diminuiu porque a taxa de produção agropecuária aumentou.
- () A concentração de poluentes aumentou porque a quantidade de resíduos queimados diminuiu.
- () A concentração de poluentes diminuiu porque a taxa de produção agropecuária é positiva.

2.2- Agora compare a figura 1 e 2. O que você entendeu sobre o processo de produção agropecuária? O que ele produz?

3- Observe o modelo causal:

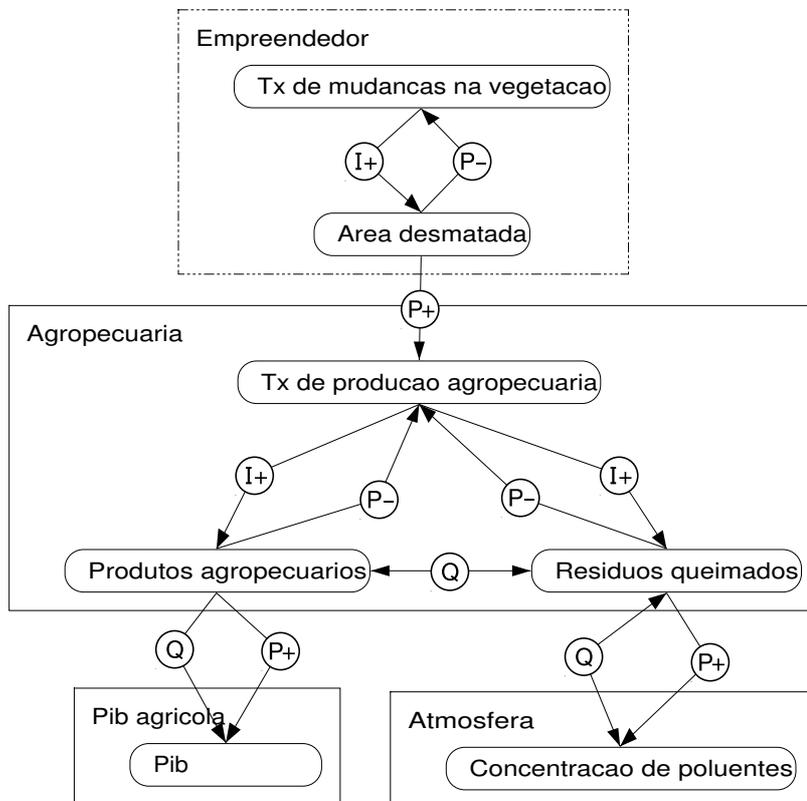


Figura 3 – Modelo Causal ‘impacto do desmatamento na terra’

3.1- De acordo com a figura 3, preencha as lacunas com AUMENTA ou DIMINUI:

a) Se a Taxa de mudanças na vegetação é positiva, então a área desmatada

_____.

b) Se a taxa de produção agropecuária é positiva, então a quantidade de produtos agropecuários _____ e a quantidade de resíduos queimados

_____.

c) Se a quantidade de produtos agropecuários aumenta, então a quantidade PIB

_____.

d) Se a quantidade de resíduos queimados aumenta, então a quantidade de concentração de poluentes _____.

e) Porém, se a Taxa de mudanças na vegetação for negativa, então a área desmatada _____. E se a taxa de produção agropecuária for negativa, então a quantidade de produtos agropecuários _____ e a quantidade de resíduos queimados _____.

3.2- Assinale (C) Certo ou (E) Errado:

() A concentração de poluentes aumentou porque a quantidade de resíduos diminuiu.

() A quantidade de resíduos queimados aumentou porque a taxa de produção agropecuária é positiva.

() As quantidades concentração de poluentes e PIB se correspondem.

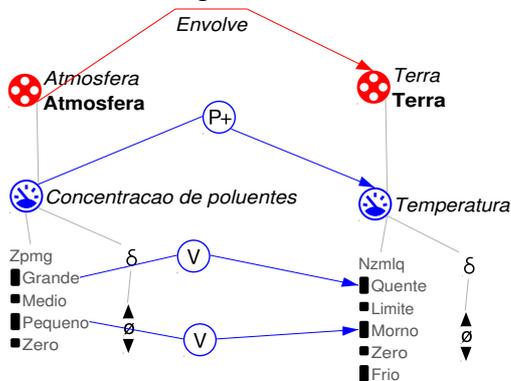
() As quantidades produtos agropecuários e resíduos queimados se correspondem.

() A correspondência Q indica que quando a quantidade produtos agropecuários assume o valor grande, então a quantidade de resíduos queimados assume o valor pequeno.

() O PIB aumentou porque a quantidade de área desmatada diminuiu.

Parte II – Impacto da temperatura nas mudanças climáticas

Observe os fragmentos de modelo:



Assume temperatura corresponde a poluentes

Figura 4 – ‘Poluentes e temperatura’

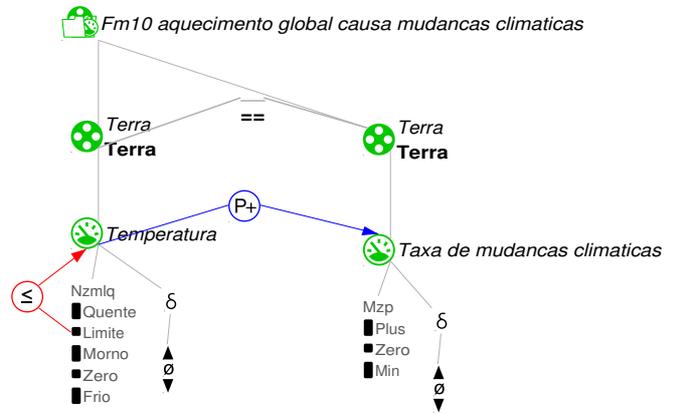


Figura 5 – ‘Temperatura afeta mudanças climáticas’

4- Preencha as lacunas com as palavras AUMENTA, DIMINUI, GRANDE, LIMITE, QUENTE, MORNO:

- a) A correspondência V indica que quando a concentração de poluentes é grande a temperatura é _____.
- b) A correspondência V indica que quando a concentração de poluentes é pequena, a temperatura é _____.
- c) A proporcionalidade P+ indica que SE a concentração de poluentes aumenta, ENTÃO a temperatura _____. E SE a concentração de poluentes diminui, ENTÃO a temperatura _____.
- d) O fragmento de modelo (figura 5) mostra que a influência P+ da “temperatura” na “taxa de mudanças climáticas” só começa a fazer efeito quando a temperatura é igual ou maior que o valor _____.

5- Agora observe outros fragmentos de modelo:

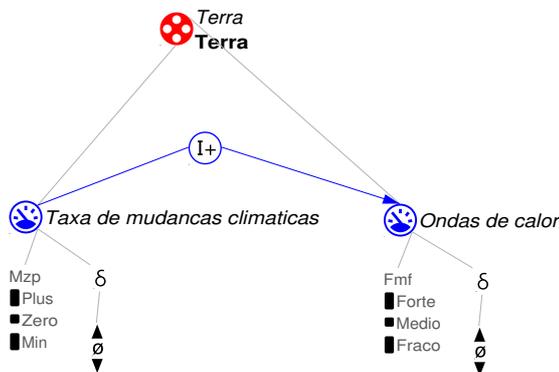


Figura 6 – ‘Mudanças climáticas e ondas de calor’

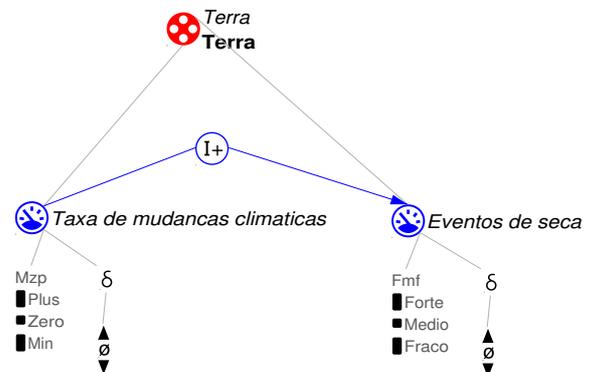


Figura 7 – ‘Mudanças climáticas e eventos de seca’

5.1- Observando as figuras 6 e 7, considere a taxa de mudanças climáticas positiva e responda:

a) Quais os efeitos das mudanças climáticas?

b) Se a taxa de mudanças climáticas é positiva, o que acontece com a quantidade ondas de calor?

c) E o que acontece com a quantidade eventos de seca?

6- Veja o fragmento de modelo:

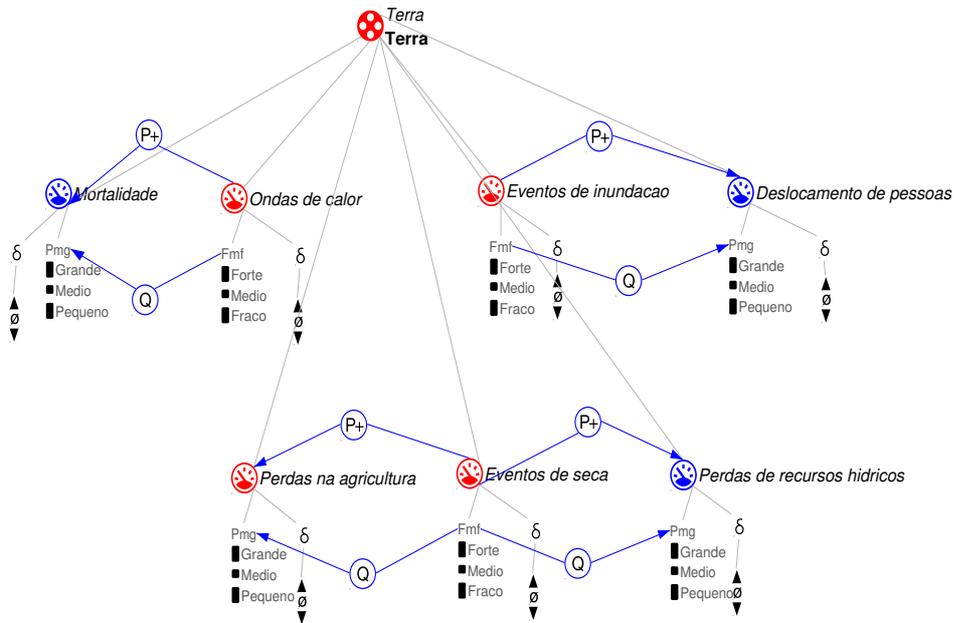


Figura 8 – ‘Outros efeitos das mudanças climáticas’

Agora podemos ver que ondas de calor, eventos de inundação, eventos de seca trazem outros efeitos das mudanças climáticas.

6.1- Preencha as lacunas com PERDAS, DESLOCAMENTO, MORTALIDADE, DIMINUIÇÃO:

a) SE ocorrerem fortes ondas de calor, ENTÃO haverá _____ de seres vivos.

b) SE ocorrerem eventos de inundação, ENTÃO haverá _____ de pessoas que fogem da inundação e procuram abrigo em outros lugares.

c) SE acontecerem eventos de seca, ENTÃO teremos _____ de recursos hídricos, como rios e lagos, e conseqüente _____ na agricultura.

6.2- De acordo com a figura 8, explique o comportamento da correspondência Q.

Analise os diagramas de valores das quantidades durante uma simulação:

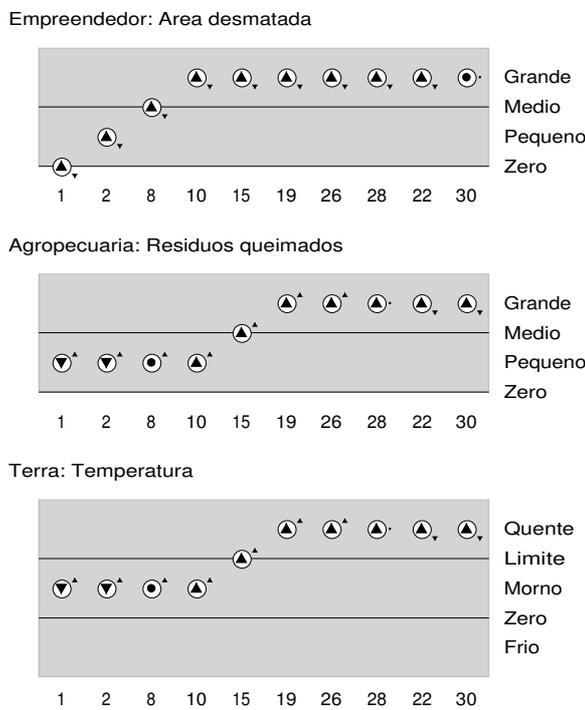


Figura 9 – Diagrama de Valores.

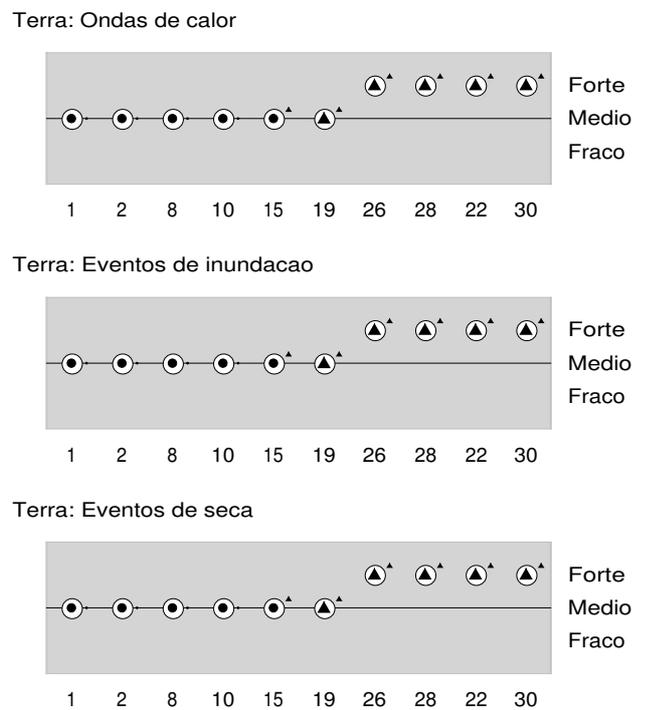


Figura 10 – Diagrama de Valores.

6.3- Acerca da Figura 9, analise a magnitude e a derivada das quantidades e responda:

- a) No estado 1 da quantidade área desmatada, a magnitude está com valor _____ e a derivada com valor _____.
- b) No estado 10 da quantidade área desmatada, a magnitude está com valor _____ e a derivada com valor _____.
- c) Na quantidade resíduos queimados, no estado 1, a magnitude está com valor _____ e a derivada com valor _____.
- d) No estado final, a magnitude de resíduos queimados tem valor _____ e a derivada tem valor _____.

e) A quantidade temperatura no estado 10 tem magnitude com valor _____ e derivada _____.

f) A temperatura atinge o valor limite no estado n° _____.

g) A temperatura atinge magnitude com valor acima do limite no(s) estado(s) n° (s) _____ e derivada _____.

6.4- Acerca da figura 10 analise os valores da magnitude e derivada:

a) Nos estados iniciais as quantidades ondas de calor, eventos de inundação e eventos de seca têm magnitude _____ e derivada _____.

b) No estado n° _____, depois que a temperatura atinge o limite, as ondas de calor, as inundações e os eventos de seca começam a _____.

6.5- Com base nas figuras 9 e 10, compare o comportamento das quantidades Temperatura e Ondas de calor e explique o que está acontecendo.

Observe a figura e responda as questões subseqüentes:

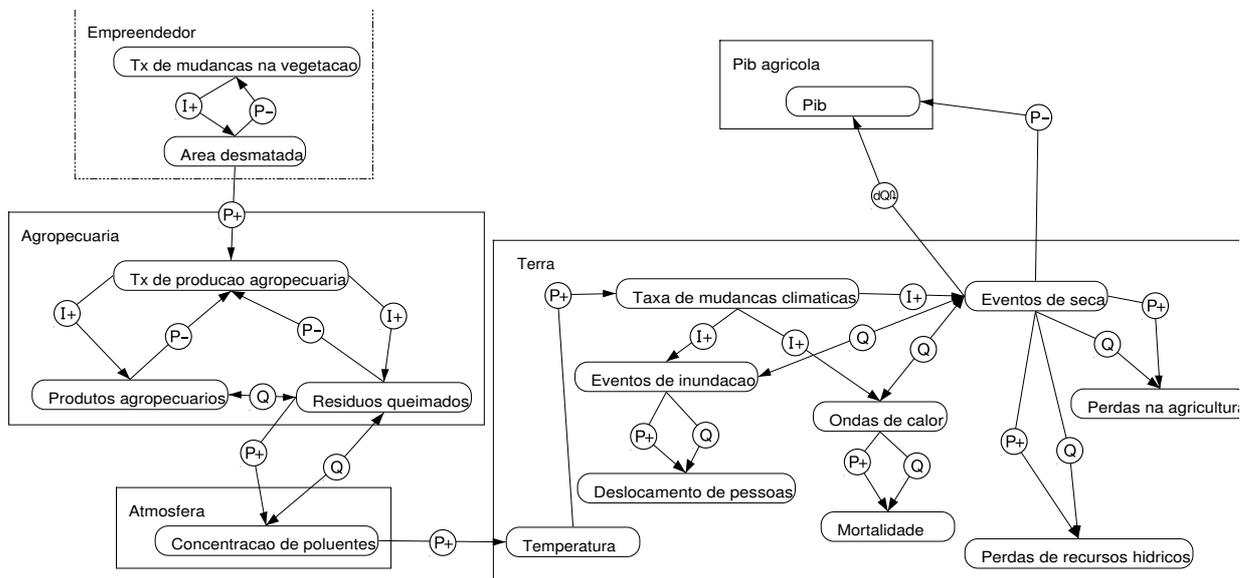


Figura 4 – Modelo Causal ‘impacto do desmatamento nas mudanças climáticas e no PIB’

4.3 - Preencha as lacunas com AUMENTA E DIMINUI:

Se a Taxa de mudanças na vegetação é positiva, então:

- a) Área desmatada _____,
- b) Produtos agropecuários _____,
- c) Resíduos queimados _____,
- d) Concentração de poluentes _____,
- e) Temperatura _____,
- f) Eventos de seca _____,
- g) Eventos de inundação _____ e
- h) Ondas de calor _____.

4.4 - Complete:

a) Perdas na agricultura aumentou porque

_____.

b) Recursos hídricos diminuiu porque

_____.

c) Ondas de calor aumentou porque

_____.

d) Eventos de inundação aumentou porque

_____.

e) Concentração de poluentes aumentou porque

_____.

f) Temperatura aumentou porque

_____.

4.5 - Assinale (C) Certo e (E) Errado:

- () Se Resíduos queimados aumentam, então Concentração de poluentes diminui.
- () Se produtos agropecuários aumentam, então resíduos queimados aumentam.
- () Se taxa de produção agropecuária é positiva, então concentração de poluentes aumentam.
- () Se concentração de poluentes diminui, então temperatura aumenta.
- () Se eventos de seca aumentam, então a quantidade PIB aumenta.

4.6 – Complete com os outros efeitos das mudanças climáticas:

a) SE ondas de calor aumentam, ENTÃO a mortalidade de seres vivos

_____.

b) SE eventos de seca diminuem, ENTÃO a perda na agricultura

_____.

c) SE eventos de inundação aumentam, ENTÃO o deslocamento de pessoas

_____.

d) SE eventos de seca aumentam, ENTÃO perdas na agricultura

_____ e perda de recursos hídricos

_____.

4.7 - Descreva a cadeia de causalidade que tem início na quantidade taxa de mudanças na vegetação e término na quantidade PIB.

APÊNDICE 1.3 – ATIVIDADE 3: PROCESSO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA E INDUSTRIAL

MODELO 'AQUECIMENTO GLOBAL' PROCESSO DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA E PRODUÇÃO INDUSTRIAL

Observe o modelo causal envolvendo os dois processos que estudamos:

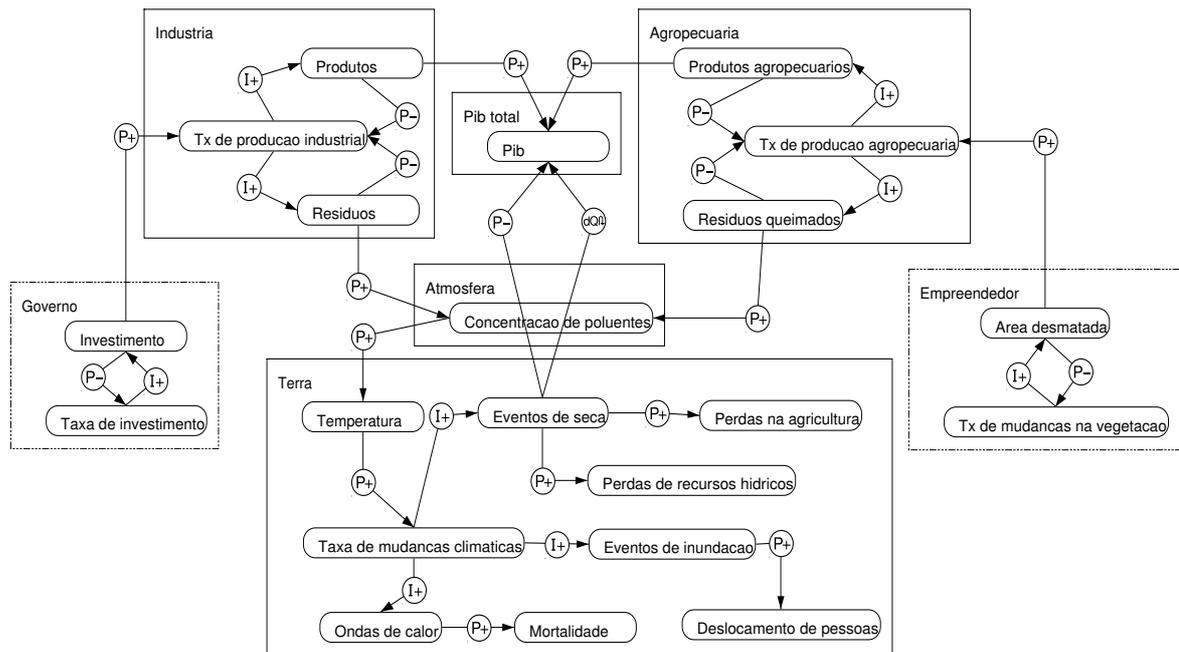


Figura 1 – modelo causal ‘conseqüências da produção industrial e agropecuária nas mudanças climáticas’

1 – Agora vamos analisar toda a cadeia de causalidade descrita no modelo causal. Preencha as lacunas com AUMENTARAM ou DIMINUÍRAM:

- a) A mortalidade aumentou PORQUE as ondas de calor _____.
- b) O deslocamento de pessoas aumentou porque os eventos de inundação _____.
- c) Os recursos hídricos diminuíram porque os eventos de seca _____.
- d) As perdas na agricultura aumentaram porque os eventos de seca _____.
- e) As perdas na agricultura aumentaram porque os recursos hídricos _____.

2- A taxa de produção industrial é positiva, ENTÃO:

- a) Os produtos _____,
- b) O PIB _____,
- c) Os resíduos _____,

- d) A concentração de poluentes _____ e
- e) A temperatura da Terra _____.

3-A taxa de produção agropecuária é positiva, ENTÃO:

- a) Os produtos agropecuários _____,
- b) O PIB agrícola _____,
- c) Os resíduos queimados _____,
- d) A concentração de poluentes _____ e
- e) A temperatura _____.

4- Responda:

a) E por que aumentou a temperatura?

b) E por que aumentaram os poluentes do ar?

c) E por que a geração de resíduos aumentou?

d) E por que aumentou o processo de produção industrial?

e) E por que o processo de produção agropecuária aumentou?

f) E por que aumentaram as ondas de calor e os eventos de inundação e de seca?

g) Escreva sua opinião sobre as consequências do calor excessivo, secas e enchentes.

5 - Leia o seguinte texto:

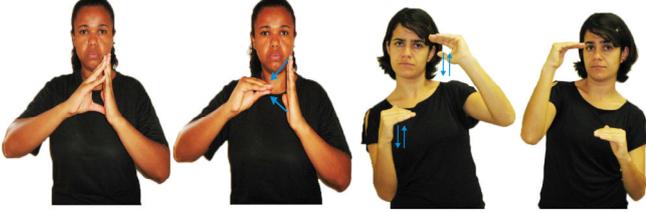
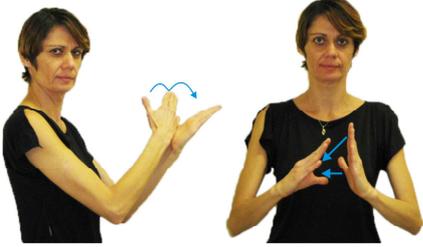
O Produto Interno Bruto (PIB) representa a soma (em valores monetários) de todos os bens e serviços finais produzidos em uma determinada região (qual seja, países, estados, cidades), durante um período determinado (mês, trimestre, ano, etc). O PIB é um dos indicadores mais utilizados na macroeconomia com o objetivo de mensurar a atividade econômica de uma região.

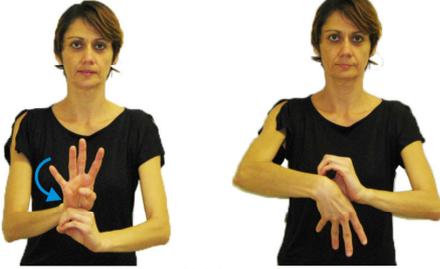
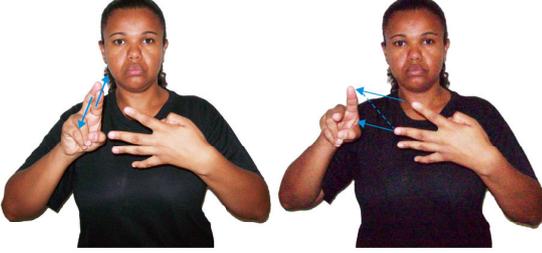
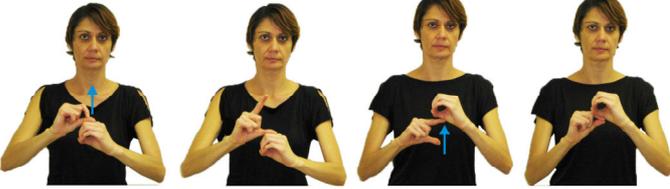
Fonte: Disponível em:<http://pt.wikipedia.org/wiki/Produto_interno_bruto>. Acesso em 20 maio 2008.

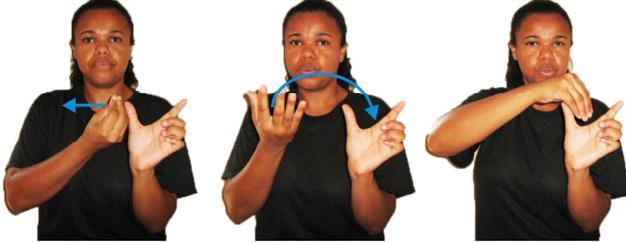
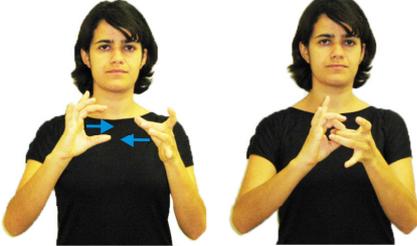
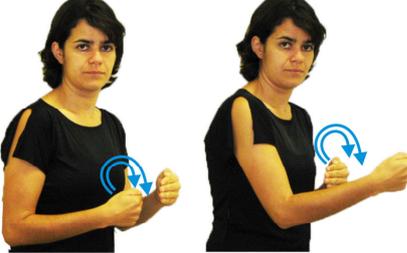
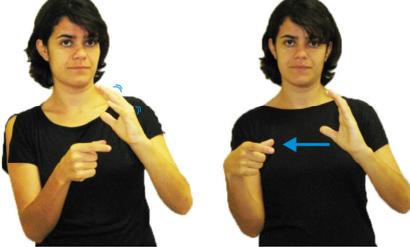
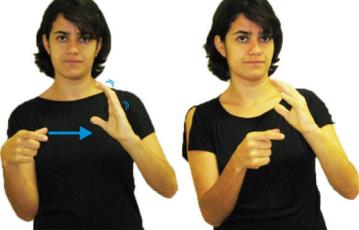
O conceito de PIB apresentado no texto mostra que esse indicador pode servir para expressar a riqueza de um país ou de uma região. Portanto, pode ser usado em sala de aula para melhor descrever os efeitos do desmatamento. Acerca das atividades econômicas mostradas no modelo causal (Figura 1) e considerando a influência de cada um dos fatores como se estivesse isolado, assinale (C) Certo ou (E) Errado nos itens seguintes:

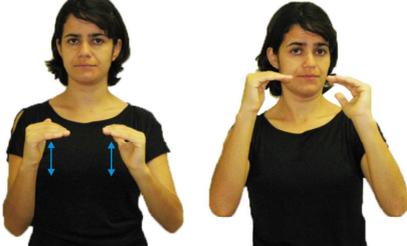
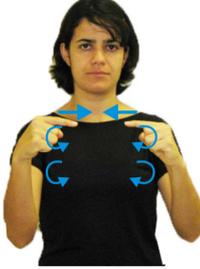
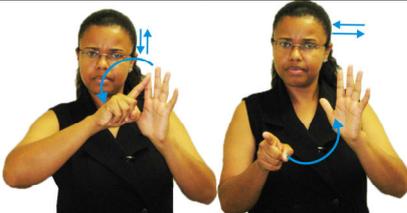
- () Se produtos agropecuários estiver aumentando, então o PIB da região está aumentando.
- () Se recursos hídricos estiver diminuindo, então o PIB da região está aumentando.
- () Se a taxa de produção agropecuária estiver estável, então o PIB da região está estável.
- () O PIB da região está aumentando. Isso pode estar acontecendo porque área desmatada está diminuindo e essa mudança se propaga até a quantidade PIB agrícola.
- () A diminuição do PIB pode estar relacionada ao aumento de eventos de seca na região.

APÊNDICE 2 - GLOSSÁRIO EM LIBRAS

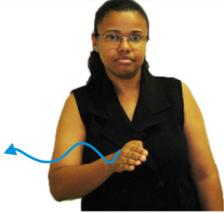
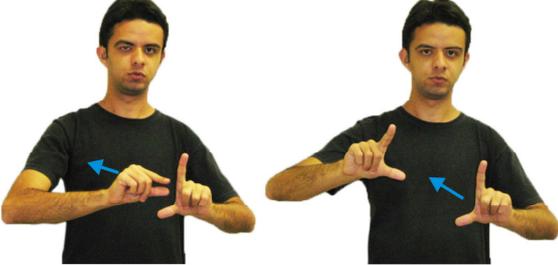
SINAL	SISTEMA DE TRANSCRIÇÃO DE SINAIS	LÍNGUA PORTUGUESA
 <p>Raciocínio Qualitativo</p>	<p>HABILIDADE - RACIOCINAR</p> <p>AUMENTAR (md)^ DIMINUIR (me) ^ DIMINUIR (md)^ AUMENTAR (me)</p>	<p>Raciocínio</p> <p>Qualitativo</p>
	<p>MODELO</p> <p>AUMENTAR (md)^ DIMINUIR (me) ^ DIMINUIR (md)^ AUMENTAR (me)</p>	<p>Modelo</p> <p>Qualitativo</p>
 <p>Fragmento de Modelo</p>	<p>PARTE</p> <p>MODELO</p>	<p>Fragmento de</p> <p>Modelo</p>
 <p>Sistema</p>	<p>SISTEMA*</p>	<p>Sistema</p>

 <p>Entidade</p>	<p>ENTIDADE*</p>	<p>Entidade</p>
 <p>Propriedades</p>	<p>CARACTERÍSTICAS - LISTAR</p>	<p>Propriedades</p>
 <p>Quantidade</p>	<p>QUANTIDADES*</p>	<p>Quantidades (variáveis)</p>
 <p>Magnitude</p>	<p>AUMENTAR - DIMINUIR</p> <p>(acrescida a indicação do valor da magnitude, por exemplo,pequeno, médio, grande).</p>	<p>Magnitude</p>
 <p>Derivada</p>	<p>AUMENTAR^ DIMINUIR</p>	<p>Derivada</p>
 <p>Valores Qualitativos</p>	<p>SOMAR</p> <p>AUMENTAR(md)^ DIMINUIR(me)+</p>	<p>Valores qualitativos</p>

 <p style="text-align: center;">Espaço Quantitativo</p>	<p>ESPAÇO(me) - QUANTIDADE(md) ESPAÇO(me) - COLOCAR(md)</p>	<p>Espaço Quantitativo</p>
 <p style="text-align: center;">Configuração</p>	<p>UNIR</p>	<p>Configuração</p>
 <p style="text-align: center;">Processo</p>	<p>PROCESSO</p>	<p>Processo</p>
 <p style="text-align: center;">Influência</p>	<p>INFLUENCIAR</p>	<p>Influência</p>
 <p style="text-align: center;">Influência Direta I+</p>	<p>INFLUENCIAR AUMENTAR</p>	<p>Influência direta (I+)</p>
 <p style="text-align: center;">Influência Direta I-</p>	<p>INFLUENCIAR DIMINUIR</p>	<p>Influência direta (I-)</p>

 <p>Proporcionalidade P+</p>	<p>AUMENTAR(md) - AUMENTAR(me) DIMINUIR(md) - DIMINUIR (me)</p>	<p>Proporcionalidade qualitativa (P+)</p>
 <p>Proporcionalidade P-</p>	<p>AUMENTAR (md)^ DIMINUIR (me) DIMINUIR (md)^ AUMENTAR (me)</p>	<p>Proporcionalidade qualitativa (P-)</p>
 <p>Correspondência Q</p>	<p>COMBINAR ⁺⁺</p>	<p>Correspondência (Q)</p>
 <p>Correspondência V</p>	<p>COMBINAR COMBINAR</p>	<p>Correspondência (V)</p>
 <p>Pressuposto</p>	<p>PRESSUPOSTO*</p>	<p>Pressuposto</p>
 <p>Agente</p>	<p>IR(mc) ^ VOLTAR(n)</p>	<p>Agente</p>

 <p>Simulação</p>	<p>EXPERIMENTAR ^ EXEMPLO</p>	<p>Simulação</p>
 <p>Rodar simulação</p>	<p>EXPERIMENTAR ^ EXEMPLO ATIVAR</p>	<p>Rodar a simulação</p>
 <p>Cenário</p>	<p><GERAL>cl</p>	<p>Cenário</p>
 <p>Estado</p>	<p><ESTADO>cl</p>	<p>Estado qualitativo</p>
 <p>Grafo de estado</p>	<p><ESTADO>cl ^ ESPALHAR</p>	<p>Grafo de estados</p>
 <p>Trajectoria</p>	<p>TRAJETÓRIA*</p>	<p>Trajectoria</p>

 <p>Comportamento</p>	<p>ONDA</p>	<p>Comportamento do sistema</p>
 <p>Diagrama de Valores</p>	<p>QUADRO(me) - PEQUENO(md) - AUMENTAR(md)</p>	<p>Diagrama de valores</p>
 <p>Modelo Causal</p>	<p>TEMA^ RAMIFICAR</p>	<p>Modelo causal</p>
 <p>Taxa</p>	<p>TAXA</p>	<p>Taxa</p>

Apêndice1. Glossário em Libras gerado pelo grupo de estudo de estudantes surdos (os termos marcados com 'asteriscos' indicam que estes não foram transcritos em Libras por não ter representação existente na Libras, enquanto os demais termos foram gerados pela composição de sinais existentes na Libras).

**APÊNDICE 3 - DVD INSTRUCIONAL 'O USO DE MODELOS
QUALITATIVOS NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA DE
ESTUDANTES SURDOS E OUVINTES'**

APÊNDICE 4 - AVALIAÇÃO DOS MODELOS QUALITATIVOS POR PROFESSORES (QUESTIONÁRIO)

Questionário aplicado aos professores de ensino de ciências sobre o uso de modelos qualitativos para apoiar o desenvolvimento de competências e habilidades por meio de conteúdos curriculares, bem como os resultados encontrados.

(01) O uso de um número finito de elementos de modelagem (entidades, influências, proporcionalidades, valores qualitativos) para a construção de diferentes modelos qualitativos (bloom de algas, desmatamento, aquecimento global e Riacho Fundo) demonstra as múltiplas significações que se pode extrair da linguagem de modelagem.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	5 (62,5%)	3 (37,5%)	0	0	0

(02) O uso de modelos qualitativos no estudo de um tema específico contribui para desenvolver, no aluno surdo e no aluno ouvinte, a capacidade de identificar informações centrais e periféricas, apresentadas em diferentes contextos.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	6 (75%)	2 (25%)	0	0	0

(03) A exploração de modelos qualitativos em atividades educacionais permite inter-relacionar objetos de conhecimento de diferentes áreas (por exemplo, ciências da natureza e ciências humanas) e implementar projetos interdisciplinares.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	6 (75%)	1 (12,5%)	1 (12,5%)	0	0

(04) Dada uma situação–problema, o uso do modelo qualitativo contribui para que o aluno surdo e o aluno ouvinte organizem estratégias de ação e selecionem métodos para a solução do problema.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	4 (50%)	4 (50%)	0	0	0

(05) Modelos qualitativos sobre um tema específico podem ajudar os alunos surdos e os ouvintes a produzir explicações, formular hipóteses e prever resultados.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	6 (75%)	2 (25%)	0	0	0

(06) Material didático desenvolvido com modelos qualitativos podem contribuir para que o aluno surdo, bem como o ouvinte, desenvolva a expressão escrita e elabore textos (redações, ensaios sobre temas científicos) que apresentem progressão temática e estruturação bem desenvolvidas.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	3 (37,5%)	4 (50%)	0	0	0

(07) A compreensão dos principais conceitos sobre os quais se baseiam os modelos qualitativos (dinâmica de variáveis contínuas, processos, causalidade) deve contribuir para que o aluno surdo e o aluno ouvinte reconheçam as limitações dessa abordagem e busquem alternativas para a solução de problemas aos quais não se aplicam esses conceitos.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	1 (12,5%)	4 (50%)	3 (37,5%)	0	0

(08) O uso de um modelo qualitativo sobre um tema específico contribui para que os alunos surdos e ouvintes formulem e articulem adequadamente argumentos sobre a importância do fenômeno descrito.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	3 (37,5%)	3 (37,5%)	2 (25%)	0	0

(09) A análise do comportamento descrito em um modelo qualitativo permite aos alunos surdos e ouvintes fazerem inferências sobre seus efeitos e o bem estar da sociedade.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	5 (62,5%)	2 (25%)	1 (12,5%)	0	0

(10) O estudo de um modelo qualitativo sobre determinado tema contribui para que os alunos surdos e ouvintes façam analogias.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	3 (37,5%)	5 (62,5%)	0	0	0

(11) Dada uma situação-problema, o uso de modelo qualitativo ajuda os alunos, surdos e ouvintes, a analisarem criticamente a situação, apontando pontos positivos e negativos.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	4 (50%)	4 (50%)	0	0	0

(12) Com o apoio de modelos qualitativos, os alunos surdos e ouvintes poderão analisar e confrontar possíveis soluções para uma situação-problema.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	3 (37,5%)	5 (62,5%)	0	0	0

(13) O uso de modelos qualitativos pode ajudar os alunos surdos e ouvintes a julgarem a pertinência de opções técnicas, sociais, éticas e políticas na tomada de decisões sobre temas explorados em sala de aula.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	2 (25%)	4 (50%)	2 (25%)	0	0

(14) O uso de modelos qualitativos contribui para que os estudantes surdos e ouvintes adquiram um vocabulário a respeito de um fenômeno específico, ou de uma classe de fenômenos.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	5 (62,5%)	3 (37,5%)	0	0	0

(15) Modelos qualitativos permitem combinar diferentes linguagens, como a linguagem técnica e vocabulário cotidiano, na descrição de um fenômeno específico.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	3 (37,5%)	5 (62,5%)	0	0	0

(16) Os modelos qualitativos ajudam os alunos surdos e ouvintes a identificarem processos e valores de variáveis envolvidos em fenômenos naturais, sociais e econômicos, e compreender como se articulam fatores diversos nesses fenômenos.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	4 (50%)	3 (37,5%)	1 (12,5%)	0	0

(17) Dada uma situação-problema, o uso de modelos qualitativos pode ajudar os alunos surdos e ouvintes a tomarem decisões relevantes para a solução do problema.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	2 (25%)	4 (50%)	2 (25%)	0	0

(18) Modelos qualitativos podem fornecer elementos para que alunos surdos e ouvintes possam construir argumentos consistentes na defesa de certo ponto de vista utilizando vocabulário adequado, identificando variáveis e explorando relações de causalidade.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	3 (37,5%)	5 (62,5%)	0	0	0

(19) Modelos qualitativos podem ser usados para descrever propostas de intervenção na realidade, considerando a diversidade dos seres humanos em aspectos como educação, interesses, grau de compreensão do sistema representado no modelo.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	4 (50%)	3 (37,5%)	1 (12,5%)	0	0

(20) Os modelos qualitativos apresentados (Bloom de algas, Desmatamento, Riacho Fundo e Aquecimento Global) oferecem elementos que podem dar suporte ao desenvolvimento de projetos educacionais.

Opiniões dos professores	Concordo plenamente	Concordo	Talvez	Discordo	Discordo plenamente
Quantidade respostas (%)	4 (50%)	4 (50%)	0	0	0

(21.a) Modelos qualitativos podem ser utilizados na elaboração de materiais didáticos para o ensino de ciências de estudantes surdos?

Opiniões dos professores	Sim	Talvez	Não
Quantidade de respostas (%)	6 (75%)	1 (12,5%)	0

(21.b) E para o ensino de ciências de estudantes ouvintes?

Opiniões dos professores	Sim	Talvez	Não
Quantidade de respostas (%)	8 (100%)		

(22.a) Em sua opinião o uso de materiais didáticos envolvendo modelos qualitativos pode favorecer o processo ensino-aprendizagem de estudantes surdos?

Opiniões dos professores	Sim	Talvez	Não
Quantidade de respostas (%)	6 (75%)	2 (25%)	

(22.b) E de estudantes ouvintes?

Opiniões dos professores	Sim	Talvez	Não
Quantidade de respostas (%)	7 (87,5%)	1 (12,5%)	

(23) Na sua opinião, modelos qualitativos auxiliam o desenvolvimento das competências e habilidades avaliadas pelo Programa de Avaliação Seriada – PAS?

Opiniões dos professores	Sim	Talvez	Não
Quantidade de respostas (%)	7 (87,5%)		

(24) Modelos qualitativos podem facilitar o desenvolvimento dessas competências e habilidades por estudantes surdos?

Opiniões dos professores	Sim	Talvez	Não
Quantidade de respostas (%)	5 (62,5%)	2 (25%)	

(25) Aponte aspectos que precisam ser modificados nos modelos qualitativos apresentados para se adequarem ao ensino de estudantes surdos em sala de aula.

“Creio que esses modelos devam privilegiar o uso de figuras ilustrativas.”;

“Precisaria só explicar os conceitos das palavras desconhecidas e ilustrá-las pois eles visualizam melhor e entendem.”;

“Acrescentar cores aos elementos de modelagem (entidades, influências, proporcionalidades, valores qualitativos), bem como as setas que servem para unir estes elementos.”;

“Ainda existe barreira na linguagem. Precisamos conhecer um pouco mais o vocabulário específico em Libras. Também acho importante o uso de figuras fotos, associadas ao modelo.”;

“A exploração da interface visual e a elucidação dos conceitos utilizados e sua importância são de real relevância para que os objetivos investidos na utilização de modelos qualitativos sejam realmente alcançados para o ensino de alunos surdos.”

(26) Aponte aspectos que precisam ser modificados nas atividades apresentadas para serem utilizadas em sala de aula de estudantes surdos.

“Creio que se devam construir atividades mais diversas, em que se exijam níveis mais complexos de entendimento. Talvez em conformidade à Taxionomia de Bloom.”;

“Somente ilustrá-las com desenhos se possível.”;

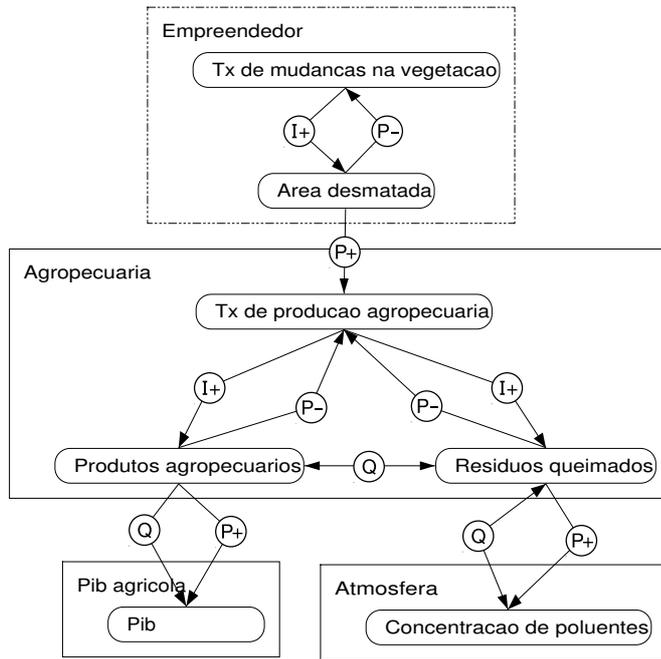
“Os modelos iniciais devem ser os mais simples. Poucas entidades e quantidades. O vocabulário, no caso de alunos surdos, deve ser bem trabalhado, para que a comunicação seja efetiva. Gradualmente vai se trabalhando modelos causais mais complexos.”;

“Talvez a utilização de mais figuras, diagramas e ilustrações que facilitem a compreensão dos processos. Cabe, neste quesito que testes sejam feitos para averiguar quão é importante o aspecto visual para os alunos surdos e testar as possibilidades de material de didático mais pertinentes possível.”

APÊNDICE 5 - ATIVIDADES PARA AVALIAÇÃO DO MODELO 'AQUECIMENTO GLOBAL' POR ESTUDANTES SURDOS

APÊNDICE 5.1 - ATIVIDADE 1

Você sabe escrever o que está acontecendo no modelo causal?



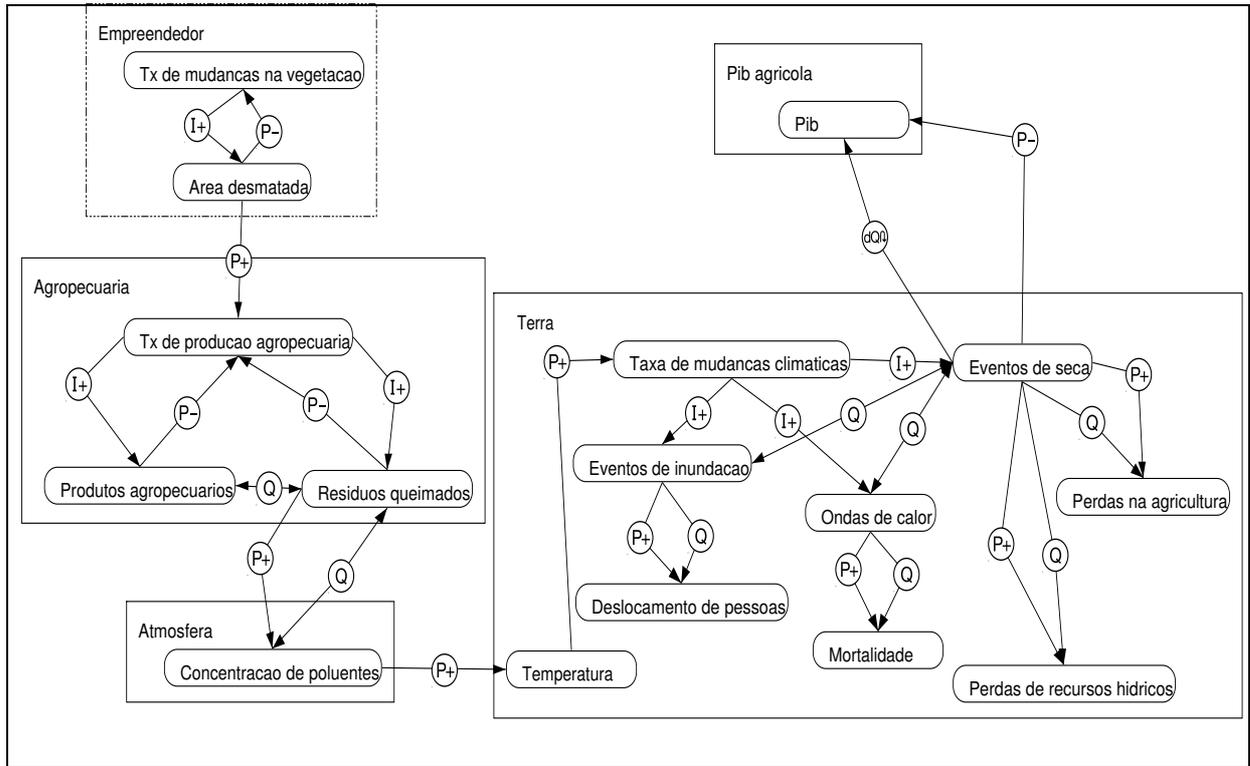
2- Escreva com suas palavras o que acontece.

Se a '**taxa de mudanças na vegetação**' AUMENTAR, então _____

e a **concentração de poluentes**

e o **PIB** _____.

3- Observe a figura



No Modelo causal acima, veja as setas:

Se a **'concentração de poluentes'** aumentar então a **'temperatura'** aumenta. E depois o que acontece? Explique: _____

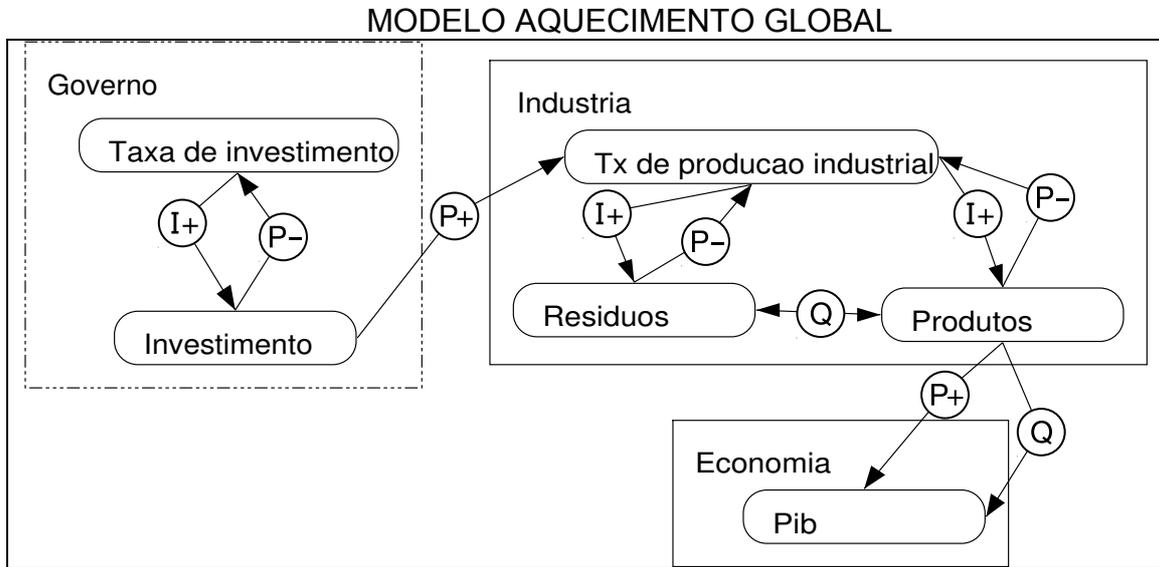
e a **'perda na agricultura'** _____

e o **'PIB'** _____

Obrigada!

APÊNDICE 5.2 - ATIVIDADE 2

NOME: _____



1- Você sabe explicar o modelo causal?

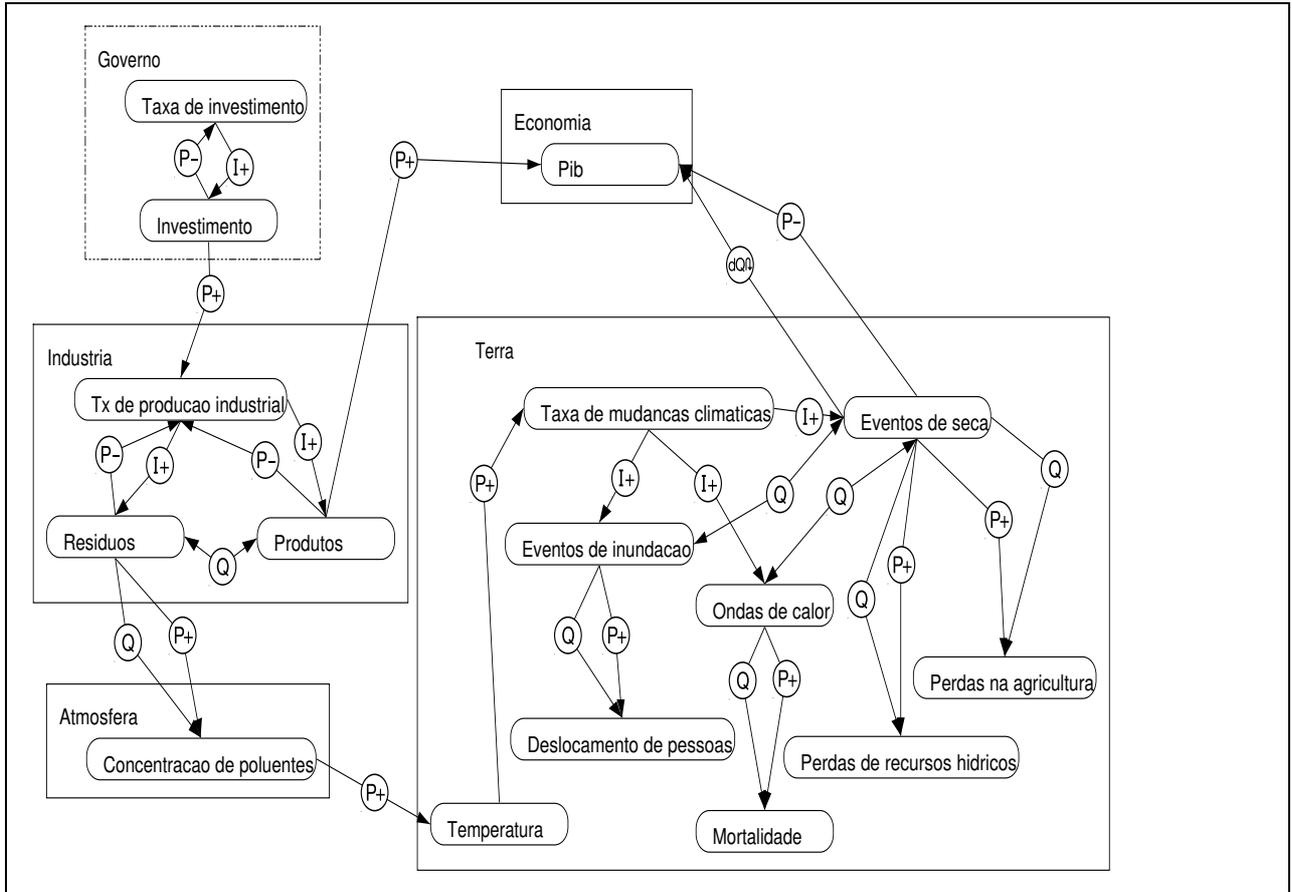
SE a **taxa de investimento** AUMENTAR então

_____ e o

PIB _____ porque

_____.

Veja o modelo causal:



2- Acontecer o que?

SE a concentração de poluentes AUMENTAR

então _____

_____ E ondas de calor?

_____ E eventos de seca?

_____ E o PIB? _____

3- Assinale:

a) O modelo causal ajudou você a entender o tema 'Aquecimento Global'?

() sim, () não, () talvez

b) O modelo causal ajudou você a aprender novos conceitos?

() sim, () não, () talvez

c) O modelo causal ajudou você a aprender novas palavras?

() sim, () não, () talvez

d) O modelo causal ajudou você a explicar o fenômeno do 'Aquecimento Global'?

() sim, () não, () talvez

e) O que fazer para ajudar a diminuir o problema do Aquecimento Global?

Obrigada!

APÊNDICE 6 - VALIDAÇÃO DOS SINAIS POR ESTUDANTES SURDOS (TABELA DE DADOS)

SINAIS	CONCORDO	TALVEZ	DISCORDO	EM BRANCO
1-ENTIDADE	09 (52,94%)	05 (29,41%)	03 (17,64%)	00 (0%)
2-CONFIGURAÇÕES	13 (76,47%)	02 (11,76%)	01 (5,88%)	01 (5,88%)
3-QUANTIDADES	13 (76,47%)	01 (5,88%)	01 (5,88%)	02 (11,76%)
4-VALORES QUALITATIVOS	09 (52,94%)	04 (23,52%)	01 (5,88%)	03 (17,64%)
5-MAGNITUDE	12 (70,58%)	04 (23,52%)	00 (0%)	01 (5,88%)
6-DERIVADA	13 (76,47%)	04 (23,52%)	00 (0%)	00 (0%)
7-ESPAÇO QUANTITATIVO	12 (70,58%)	03 (17,64%)	02 (11,76%)	00 (0%)
8-PROCESSO	11 (64,70%)	02 (11,76%)	00 (0%)	04 (23,52%)
9-INFLUÊNCIA DIRETA (I+)	08 (47,05%)	06 (35,29%)	01 (5,88%)	02 (11,76%)
10-INFLUÊNCIA DIRETA (I-)	10 (58,82%)	05 (29,41%)	01 (5,88%)	01 (5,88%)
11- PROPORCIONALIDADES QUALITATIVAS (P+)	11 (64,70%)	05 (29,41%)	01 (5,88%)	00 (0%)
12- PROPORCIONALIDADES QUALITATIVAS (P-)	12 (70,58%)	04 (23,52%)	01 (5,88%)	00 (0%)
13-CORRESPONDÊNCIA (Q)	15 (88,23%)	01 (5,88%)	00 (0%)	01 (5,88%)
14-CORRESPONDÊNCIA (V)	15 (88,23%)	00 (0%)	01 (5,88%)	01 (5,88%)
15-CENÁRIOS	11 (64,70%)	04 (23,52%)	01 (5,88%)	01 (5,88%)
16-ESTADO DO SISTEMA	12 (70,58%)	02 (11,76%)	01 (5,88%)	02 (11,76%)
17-GRAFO DE ESTADOS	11 (64,70%)	02 (11,76%)	03 (17,64%)	01 (5,88%)
18-COMPORTAMENTO DO SISTEMA	12 (70,58%)	03 (17,64%)	01 (5,88%)	01 (5,88%)
19-TRAJETÓRIA DO SISTEMA	12 (70,58%)	03 (17,64%)	01 (5,88%)	01 (5,88%)

20-DIAGRAMA DE VALORES	12 (70,58%)	04 (23,52%)	00 (0%)	01 (5,88%)
21-MODELO CAUSAL	14 (82,35%)	02 (11,76%)	00 (0%)	01 (5,88%)
22-RACIOCÍNIO QUALITATIVO	11 (64,70%)	03 (17,64%)	01 (5,88%)	02 (11,76%)

APÊNDICE 7 - VALIDAÇÃO DOS SINAIS POR PROFESSORES (TABELA DE DADOS)

ELEMENTOS DO MODELO	Clareza (%)			Grau de Dificuldade (%)				
	Sim	Não	Talvez	Muito Difícil	Difícil	Médio	Fácil	Muito Fácil
1-Raciocínio Qualitativo	42,85		57,14			85,71	14,28	
2-Modelos Qualitativos	71,42		28,57			71,42	14,28	14,28
3-Fragmento de Modelo	85,71	14,28	14,28			42,85	57,14	
4-Sistema	57,14	14,28	28,57			14,28	85,71	
5-Entidade	42,85	14,28	57,14		28,57	28,57	42,85	
6- Propriedades	85,71		14,28				100	
7-Quantidades (variáveis)	85,71		14,28			14,28	42,85	42,85
8-Magnitude	85,71		14,28				57,14	42,85
9-Derivada	100				14,28		28,57	57,14
10- Valores qualitativos	57,14	14,28	28,57		14,28	28,57	42,85	14,28
11-Espaço Quantitativo	85,71	14,28				42,85	42,85	14,28
12-Configuração	85,71		14,28				57,14	42,85
13-Processo	100						71,42	28,57
14-Influência direta (I+)	100					14,28	28,57	57,14
15-Influência direta (I-)	100					28,57	28,57	42,85
16- Proporcionalidad e qualitativa (P+)	85,71		14,28				42,85	57,14
17- Proporcionalidad e qualitativa (P-)	100						42,85	57,14

18- Correspondência (Q)	85,71		14,28				42,85	57,14
19- Correspondência (V)	85,71	14,28				14,28	57,14	28,57
20-Pressuposto	57,14		42,85		14,28	28,57	57,14	
21-Agente	85,71		14,28			14,28	71,42	14,28
22- Rodar a simulação	71,42		28,57			57,14	14,28	28,57
23-Cenário	100						28,57	71,42
24-Estados qualitativos	42,85	28,57	28,57	14,28			42,85	42,85
25-Grafo de estados	100						57,14	42,85
26-Trajétoria	100					14,28	42,85	42,85
27- Comportamento do sistema	42,85		57,14			28,57	14,28	57,14
28-Diagrama de valores	100					28,57	28,57	42,85
29-Modelo causal	100					42,85	14,28	42,85