

**NATANAEL FREITAS CABRAL**

**O PAPEL DAS INTERAÇÕES PROFESSOR-ALUNO NA  
CONSTRUÇÃO DA SOLUÇÃO LÓGICO-ARITMÉTICA  
OTIMIZADA DE UM JOGO COM REGRAS**

**BELÉM – PARÁ  
2004**

**NATANAEL FREITAS CABRAL**

**O PAPEL DAS INTERAÇÕES PROFESSOR-ALUNO NA  
CONSTRUÇÃO DA SOLUÇÃO LÓGICO-ARITMÉTICA  
OTIMIZADA DE UM JOGO COM REGRAS**

Dissertação apresentada ao Núcleo de Apoio ao Desenvolvimento Científico da Universidade Federal do Pará, para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemáticas (Área de Concentração em Educação Matemática).

Orientador: Prof. Dr. José Moysés Alves

**BELÉM – PARÁ**  
2004

**NATANAEL FREITAS CABRAL**

**O PAPEL DAS INTERAÇÕES PROFESSOR-ALUNO NA  
CONSTRUÇÃO DA SOLUÇÃO LÓGICO-ARITMÉTICA  
OTIMIZADA DE UM JOGO COM REGRAS**

COMISSÃO JULGADORA

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

---

Presidente e Orientador: Prof. Dr. José Moisés Alves

---

2º Examinador: Profª. Drª. Silvia Nogueira Chaves

---

3º Examinador: Prof. Dr. João dos Santos Carmo

Belém, 20 de Fevereiro de 2004

A Deus, eterno e soberano.

A Cristo Jesus, autor e consumidor da minha fé.

Aos meus pais.

À minha amada esposa Eimar.

Às minhas preciosas filhas: Rebeca, Quésia e Iasmin.

À Igreja Batista do Utinga.

Aos amigos Wlamir Teixeira, Luís Miranda, Miguel Chaquiam, Pedro Sá e Iram Abreu.

“Mude, mas comece devagar, porque a direção é mais importante que a velocidade”

Clarice Lispector

## RESUMO

Na presente dissertação relato minhas inquietações profissionais intrinsecamente ligadas ao desconforto que eu percebia estar produzindo em meus alunos, a partir de uma prática docente, que, em muitos aspectos, necessitava de reformulações e adequações aos novos tempos. Era uma prática docente fundada nos pressupostos da ciência moderna, que pretendia descrever a realidade por leis deterministas, exatas, hierarquizadas e compartimentalizadas. Buscando transformar minha prática, (re)construí, na interação com meus pares, a proposta de um laboratório de Educação Matemática. As atividades desse laboratório deviam proporcionar uma fértil ambiência de interações verbais, despertando uma participação ativa dos alunos na construção de conhecimento. Com a certeza de que precisava ampliar a reflexão sobre meu trabalho docente, (re)construí uma nova visão pessoal de ciência, me apoiando nas idéias de alguns filósofos que se aproximam de um olhar transdisciplinar e do que tem sido chamado de ciência pós-moderna. Com esta nova concepção, procurei articular a Educação Matemática com os postulados da Psicologia Histórico-Cultural, a fim de me apropriar de ferramentas teórico-metodológicas para investigar minha prática docente. Na presente dissertação, relato uma análise microgenética de minha interação com dois alunos em uma atividade típica do laboratório de Educação Matemática: a aprendizagem da solução lógico-aritmética otimizada de um jogo com regras, o Nim. Filmei as 36 partidas que joguei com os alunos até que eles descobrissem a estratégia otimizada do jogo e depois as transcrevi, integralmente. A análise mostrou três momentos da construção da estratégia otimizada: a formulação e (re)formulação de hipóteses; a seleção, aplicação e teste de hipóteses e a transferência do raciocínio construído para a formulação de novas hipóteses. Observei transições genéticas em todos os momentos e mudanças nos padrões interativos que ora refletiam uma abordagem comunicativa predominantemente dialógica (no primeiro e terceiro momento), ora de autoridade (no segundo momento). Percebi como os alunos, interagindo comigo, desenvolveram a capacidade de regular suas próprias ações para resolver o problema que os desafiavam.

**Palavras chaves:** laboratório de Educação Matemática; jogo com regras; análise microgenética e interação.

## ABSTRACT

In this dissertation, I report my professional inquietudes which were intrinsically connected to this discomfort I noted it is producing in my students, from my teaching practice. Practicing, that in many aspects, necessitated reformulations and adjustments, in accordance to new times. It was a teaching practice based in the purposes of the modern science, that it intended to describe the reality by deterministic, exact, hierarchized and shared laws. Trying to change my practice, I (re)constructed, in the interaction with my pairs, a proposal of a Mathematics Education laboratory. The activities of this laboratory should provide a fertile environment of verbal interactions, arousing an active participation of the students in the construction of the knowledge. With the conviction that I needed to increase the reflection about my teaching job, I (re)constructed a new personal view of science. I supported myself in ideas of some philosophers of science, that come near of a transdisciplinary view and what has been called postmodern science. With this new conception, I tried to link the Mathematics Education with the principles of the Historical-Cultural Psychology, in order to appropriate myself of theoretician-methodological instruments to investigate my teaching practice. Thus, I put into practice a microgenetic analysis of my interaction with two students in a typical activity of Mathematics Education laboratory: the apprenticeship of the optimized logical-arithmetic solution of a game with rules, the Nim. I filmed the thirty-six games that I played with students until they discovered the optimized strategy of game and after that, I transcribed them, integrally. The analysis pointed out three moments of the optimized strategy construction: the formulation and (re)formulation of the hypothesis; the selection, application and test of hypothesis and the transference of the constructed ratiocination to the formulation of new hypothesis. I observed genetic transitions in all moments and changes in the interactive standards, which sometimes reflected a communicative boarding predominantly dialogical (first and third moments) and sometimes they reflected authority (second moment). I perceived how the students, interacting with me, developed the capacity to regulate their own actions to solve up the problem that challenged them.

Key words: Mathematics Education laboratory, game with rules; microgenetic analysis

## SUMÁRIO

Considerações iniciais.....	09
Capítulo I: Interação entre pares e o laboratório de Educação Matemática.....	12
1.1. Uma experiência marcada por inquietações.....	12
1.2. Mergulhando numa nova prática.....	18
1.3. Construindo um conceito em duas perspectivas.....	23
1.4. Em busca de um olhar transdisciplinar.....	32
Capítulo II: Marcas de uma Nova Ordem .....	45
2.1. Construindo uma nova visão de ciência em Paul Feyerabend.....	45
2.2. Construindo uma nova visão de ciência em Thomas Khun.....	49
2.3. Construindo uma nova visão de ciência em Ilya Prigogine.....	55
2.4. Construindo uma nova visão de ciência: Transdisciplinaridade e Interação.....	61
2.5. Consolidando uma nova visão de Ciência: a interação entre saberes.....	70
2.6. Implicações sobre a Educação Matemática.....	75
Capítulo III: O Jogo do Nim: Investigando a Construção de Conhecimento nas Interações verbais.....	84
3.1. Delineando a Investigação.....	84
3.2. O jogo e a análise do processo de ensino-aprendizagem.....	86
3.3. O desenvolvimento da ação voluntária e do pensamento abstrato na brincadeira .....	91

3.4. ZDP e a relação desenvolvimento aprendizagem .....	96
3.5. ZDP, Andaimos e Regra de Contingência .....	101
3.6. Análise Microgenética .....	102
3.7. Análise do Discurso .....	106
3.8. O Método .....	112
3.9. Procedimento de Coleta .....	112
3.10. Procedimento de Análise .....	112
3.11. Análise Microgenética do Jogo do Nim .....	113
3.12. Discussão.....	134
Referências Bibliográficas .....	140
ANEXOS	

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para que a produção de um texto possa atingir com eficiência seus propósitos, Geraldi (1994) apresenta cinco questões importantes que devem estar bem definidas pelo autor. São elas: *O que dizer ? Qual a razão que tenho para dizer ? Para quem vou dizer? Sou sujeito do que vou dizer ?* e, finalmente *Tenho uma estratégia para dizê-lo ?*

Assim, adotando estas questões como parâmetros diretores da produção textual, possibilito ao leitor, inicialmente, uma visão panorâmica do que será tratado.

Com relação à primeira questão, vou dizer sobre minha experiência docente no ensino fundamental e médio ao longo de uma trajetória de 22 anos de magistério. Sobre uma prática de ensino que reproduzia o paradigma moderno de ciência recebido na academia, às inquietações produzidas nas interações cotidianas em sala de aula, que sinalizavam não só o fracasso de um modelo de ensino fundamentado na exatidão, bem como a necessidade de mudanças urgentes.

Vou dizer sobre a minha experiência no Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemáticas do Núcleo Pedagógico de Apoio de ao Desenvolvimento Científico (NPADC – UFPA), sobretudo da investigação que resolvi fazer a partir das inquietações que sentia em minha prática profissional.

Uma investigação tanto teórica quanto empírica, cujas implicações incluem a construção de uma concepção de ciência pós-moderna, de uma revisão sobre o conceito de Educação Matemática, de uma articulação entre Psicologia Histórico-Cultural e Educação Matemática, bem como a articulação dessas implicações conceituais com uma investigação empírica a partir de um jogo com regras, no qual retorno à minha experiência profissional com novas ferramentas (análise microgenética) dentro de um enfoque histórico-cultural.

Em resumo, vou dizer sobre minhas inquietações e experiência profissional no laboratório de Educação Matemática, sobre a construção de uma visão de ciência que responda às minhas inquietações, e finalmente, articulando Educação Matemática e Psicologia Histórico-Cultural, vou dizer sobre a realização de uma investigação empírica no laboratório de Educação Matemática a partir desse referencial.

A razão que tenho para dizer, emerge assim, das necessidades de mudanças em minha prática docente, as quais levaram-me a mergulhar num processo de busca a fim de melhorar a qualidade do meu trabalho como professor de matemática ao longo dos últimos 10 anos, sobretudo por acreditar que a função docente transcende a mera exposição de conteúdos.

Vou dizer, principalmente aos professores que atuam com a linguagem matemática no ensino médio e fundamental e aos pesquisadores interessados pela temática ensino-aprendizagem desta fascinante disciplina.

Sinto-me sujeito do que vou dizer, pois, estou efetivamente envolvido em minha prática profissional com a pesquisa, produção, aplicação e divulgação de atividades que visam a melhoria do processo ensino-aprendizagem de Matemática.

Usando a estratégia de desenvolver o texto a partir de três capítulos, tratarei inicialmente no capítulo I das minhas inquietações profissionais, do meu envolvimento com o laboratório de Educação Matemática, da forma como concebo atual e provisoriamente esse laboratório, e, sobretudo, de sua aproximação com um olhar de transdisciplinaridade.

No capítulo II tento construir uma visão de ciência com base nas contribuições pós-modernas de Feyerabend, Khun, Prigogine e Santos, procurando estabelecer articulação entre transdisciplinaridade, Educação Matemática e a Psicologia Histórico-Cultural.

Já no capítulo III apresento as ferramentas conceituais e metodológicas da psicologia histórico-cultural, que me permitiram realizar um estudo de caso de uma atividade típica de um laboratório de Educação Matemática – um jogo com regras – na qual, foi utilizada a análise microgenética como instrumento de investigação.

## **CAPITULO I: INTERAÇÃO ENTRE PARES E O LABORATÓRIO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

### **1.1. Uma experiência marcada por inquietações**

A velocidade com que a tecnologia interfere nos processos de socialização através das surpreendentes invenções, ecoa como um verdadeiro bombardeio de informações responsável pela geração de “analfabetos intelectuais” que se atropelam pelos corredores da vida. O domínio e o uso destas informações fazem a diferença entre os que estão entorpecidos na massa medíocre e os que exercem poder sobre ela. Martinelli (1996) contribui com esta perspectiva quando diz:

O homem está sedento de conhecimento, de fé e de experiências espirituais. Está em busca de nascentes, dos mananciais de sabedoria. E, ao chegar a encruzilhada do processo de civilização, precisa encontrar o rumo e direcionar seu destino. Para isso precisa encarar seus erros e realizações. Para pôr em prática uma mudança de comportamento social, faz-se necessária uma renovação de compreensão do homem, do mundo e das ciências exatas e humanas, não apenas intelectualmente, mas uma transformação interior, cujo efeito atinja o âmago do ser e se manifeste por suas ações (p.2).

Durante os primeiros dez anos que atuei como docente da rede pública de ensino em Belém, jamais pensei em “encontrar meu rumo”, “encontrar meu destino”, muito menos “encarar meu erros”. Acreditei que estava formado, pronto e acabado para exercer o magistério e desfrutar de todos os direitos legais que “aquele certificado” poderia garantir.

Meu rumo já estava previsto. Ensinar linearmente uma disciplina exata, que guardava em si a prepotência de descrever a realidade tal como era. Sentia orgulho de manipular um conhecimento tão refinado e que grande parte dos alunos temiam.

Meu destino também estava traçado. Estava condenado a distanciar-me cada vez mais dos meus alunos – o que eu dizia não fazia sentido para eles – e, conseqüentemente, a destruir qualquer possibilidade de efetivamente exercer minha profissão com humanidade.

Os meus erros não podiam ser encarados. “Professor nunca erra, se engana”. Não haviam erros a serem cometidos. A disciplina que eu ministrava era a expressão exata e perfeita do pensamento humano. Jamais questioneei o fato de que grande parte dos resultados negativos na aprendizagem fossem, em alguma dimensão, de minha responsabilidade. Durante muitos anos da minha vida profissional, acreditei realmente que os únicos erros no meu trabalho, eram os erros que os alunos cometiam nas avaliações.

Durante anos permaneci aprisionado pelas armadilhas deterministas da minha formação moderna. No início dos anos 90, no entanto, experimentei o desconforto das primeiras inquietações em face do mesmismo de minha prática de ensino e da distância cada vez maior entre eu e meus alunos.

Tais inquietações, eram realimentadas de forma lenta, progressiva e irreversível, sobretudo pelo descaso dos alunos, que não encontravam sentido naquilo que era abordado em classe.

A necessidade de mudança era clara, mas eu não sabia como mudar uma prática arraigada à modernidade, pois, tudo que eu conhecia estava reduzido à visão apreendida durante minha formação universitária, sobretudo das marcas implícitas dos anos que estive sentado na carteira da escola, ouvindo, copiando e reproduzindo “coisas” que não tinham muito significado para mim.

Havia aprendido com os colegas mais experientes (na época) que a culpa do fracasso estava na incompetência intelectual dos alunos, nos livros, na família, na direção da escola e no governo. Acreditei durante muito tempo nestas afirmações, mas no fundo da alma, minhas inquietações continuavam a sugerir algo além.

As expressões de Martinelli (1996) – “encontrar o rumo”, “direcionar seu destino” e fundamentalmente “encarar os erros” pareciam começar lentamente a fazer muito significado na minha vida profissional. Na verdade, eu estava apenas começando um longo processo de profundas mudanças que reformatariam as bases que fundamentavam as minhas práticas de ensino até então.

Talvez o componente mais nocivo da formação acadêmica que recebi tenha sido a impossibilidade de uma prática reflexiva. Refletir o que? Refletir para que? Refletir com quem?

Estava tudo tão “certinho”, bem definido, todos os dados arrumados, as fórmulas demonstradas, o livro texto escrito por profissionais competentes, e eu, iludido, acreditava que era mais conhecedor da realidade do que meus alunos.

Minha prática em sala de aula foi uma mera reprodução das “certezas” absolutas de uma ciência exata, neutra, perfeita, descritiva da mais cristalina realidade.

A Matemática ensinada nesta perspectiva tem causado tanto terror entre os alunos, criando verdadeiros mitos em torno do seu ensino. Sendo uma linguagem de interpretação proximal da natureza, acaba tornando-se (quase sempre), numa disciplina discriminatória, elitista e extremamente alienante.

Infelizmente, por falta de uma prática reflexiva, muitos profissionais reforçam os mitos a cada aula ministrada, alegando a impossibilidade de qualquer mudança. Justificam isso em função da luta pela sobrevivência, por uma visão simplista de que é fácil ensinar, e ainda por não reconhecerem suas limitações profissionais.

Para Serrazina (2000) esta é uma questão mais ampla que pode ser melhor entendida dentro de um contexto que trate da formação de professores. Para a autora, no caso específico da Matemática, muitos dos profissionais que atuam hoje em sala de aula

aprenderam Matemática (como eu), através das exposições feitas por seus professores, a partir de memorização de regras e fatos, praticando exercícios rotineiros.

Mudar uma prática profissional não é, definitivamente, uma tarefa fácil. A mudança nunca é imediata e, sem dúvida, exige consciência de nossas crenças e concepções. É preciso buscar alternativas, reconhecendo suas possibilidades e limitações. Tal processo de mudança é impossível sem as interações com nossos pares.

Um mito que consegui superar inicialmente a partir das interações com alguns professores da Escola Tenente Rêgo Barros – ETRB, na qual exerço função docente desde 1982, foi a crença de que para ser um bom professor eu só precisava saber muito bem o conteúdo da matéria que ministrava. Tal crença, além de reduzir a função docente, não concebe de fato o que é “conhecer a matéria a ser ensinada”.

Gil (1993) assegura que tal conhecimento requer:

- a) Conhecer os problemas que originaram a construção dos conhecimentos científicos (sem o que os referidos conhecimentos surgem como construções arbitrárias). Conhecer em especial, quais foram as dificuldades e obstáculos epistemológicos (o que constitui uma ajuda imprescindível para compreender as dificuldades dos alunos)
- b) Conhecer as orientações metodológicas empregadas na construção do conhecimento, a forma como os cientistas abordam os problemas, as características mais notáveis de sua atividade, os critérios de validação e aceitação das teorias científicas.
- c) Conhecer a interação Ciência/Tecnologia/Sociedade associadas à referida construção, sem ignorar o caráter, em geral, dramático do papel social das ciências; a necessidade da tomada de decisões.
- d) Ter algum conhecimento dos desenvolvimentos científicos recentes e suas perspectivas, para poder transmitir uma visão dinâmica, não-fechada, da ciência. Adquirir, do mesmo modo, conhecimentos de outras matérias relacionadas, para poder abordar problemas afins, as interações entre os diversos campos e os processos de unificação.
- e) Saber selecionar conteúdos adequados que dêem uma visão correta da ciência e que sejam acessíveis aos alunos suscetíveis de interesse.
- f) Estar preparado para aprofundar os conhecimentos e adquirir outros novos. (p.22)

Assim, na minha visão simplista de ensino, eu também reduzia a matemática à transmissão de conceitos e ao treinamento de destrezas. Se eu não tivesse estranhado minha prática docente, deixando-me inquietar pelos resultados negativos na aprendizagem dos alunos e não tivesse buscando interação com meus pares, dificilmente teria uma pálida idéia do quanto eu estava errado.

Na época comecei a ter lampejos de toda complexidade da função docente explicitadas por Gil (1993). Usar a história como instrumento de ensino, explorar os critérios de validade e uso do método científico, ter uma visão crítica da tríade Ciência/Tecnologia/Sociedade, estar aberto ao novo, aprofundando conhecimentos, adentrando em novos domínios a ponto de selecionar conteúdos adequados. Meu “mundinho” era realmente bem menor que tudo isso.

Dificilmente teria concebido esta pluralidade se não tivesse dado vazão às minhas inquietações, que me levaram a buscar respostas, compartilhando minhas angustias com outros, que como eu, estavam mergulhados na sequidão de uma prática fadada ao fracasso. Iniciaram ali, ETRB-1995, os embriões de uma prática reflexiva.

Hoje, após tantos anos, percebo com mais nitidez a importância de certas pessoas que foram imprescindíveis para que as minhas inquietações profissionais pudessem gerar tantos frutos benéficos.

Schnetzler (2000), compartilha a idéia de que toda mudança deve ser lenta, e que, fundamentalmente a direção escolhida é sempre mais importante que a velocidade imprimida.

Os cursos de capacitação ministrados pelos docentes do Núcleo Pedagógico de Apoio ao Desenvolvimento Científico da Universidade Federal do Pará (NPADC/UFPa), ao corpo docente da Escola Rêgo Barros foram determinantes para alimentar as mudanças nas práticas de alguns professores, que buscavam novos horizontes metodológicos,

viabilizando os primeiros passos no sentido de implantação de um laboratório de Ensino de Matemática.

Fundamentalmente, esses cursos possibilitaram àqueles professores uma reflexão séria sobre a complexidade do ato-processo de ensino-aprendizagem, a partir de ampla discussão a respeito de obstáculos epistemológicos gerados pelo excessivo rigor de definições, demonstrações...etc, em detrimento de metodologias alternativas, como as atividades de redescoberta, entre outros.

Agora, depois de tanto tempo, consigo perceber o papel fundamental das interações profissionais na mudança de perspectiva da minha trajetória docente. A sede de mudar minha prática docente não teria sido satisfeita se não fossem as diversas colaborações que recebi nos momentos de maior sequidão.

O laboratório de Educação Matemática, surgia assim, na minha trajetória profissional, com a expectativa de proporcionar as mudanças, que na época, um grupo significativo de professores da ETRB ansiava. A possibilidade de reflexão sobre a minha prática, proporcionada pelas interações com meus pares, foi determinante para que as mudanças acontecessem. “Reconhecer a importância da reflexão na ação e sobre a ação é reconhecer que os contextos humanos são instáveis e que os problemas que surgem podem ser originais e únicos, e são, definitivamente, passíveis de mudanças” (GERALDI, 1998, p.165).

Como toda boa semente lançada em terreno fértil produz bons frutos, alguns anos após a capacitação ministrada pelos professores do NPADC, recebemos na escola ETRB a professora Terezinha Nunes da Universidade de Brasília (UNB), discípula da professora Nilza Bertoni, que realimentou expectativas de alguns professores motivados às mudanças, culminando com a elaboração de um projeto que implantou o laboratório de ensino de Educação Matemática da Escola Rêgo Barros, em 1996.

## **1.2. Mergulhando numa nova prática.**

Três situações foram significativas para que o laboratório de Educação Matemática passasse a fazer parte integrante e definitiva da minha experiência docente. Cada uma delas, acrescentou dimensões diferentes na busca de respostas às minhas inquietações.

Na verdade, tais situações aconteceram simultaneamente. O curso de especialização em Educação Matemática na Universidade do Estado do Pará (UEPA), a contratação para o quadro docente do Colégio Nazaré e a participação no VI Encontro de Educação Matemática – ENEM - em São Leopoldo-RS.

A especialização contribuiu principalmente em dois sentidos. Por um lado, após tantos anos fora da universidade, pude perceber a partir da reflexão em certas disciplinas, que minhas inquietações tinham razão de ser. Precisava questionar minha prática, encarar os meus erros. Por outro lado, tive contato pela primeira vez com os pressupostos da psicologia histórico-cultural de Vygotsky, que parecia cair como uma luva como aporte teórico para as atividades do laboratório de Educação Matemática.

Além disso, pude perceber que as inquietações não eram apenas minhas. A angústia e a busca de mudanças urgentes estava presente também na fala de cada colega de turma e nos professores do curso. Havia, na verdade, uma intenção geral na turma de consolidar mudanças em suas práticas cotidianas em sala de aula. As disciplinas funcionavam como combustível, realimentando cada palmo de avanço neste sentido.

Fiquei atraído, especialmente, por um dos conceitos da psicologia vygotskyana. A ZDP – zona de desenvolvimento proximal - parecia descrever com brilhantismo o processo de aprendizagem, que muito lembrava certas atividades de jogos e redescobertas típicas de um laboratório de Educação Matemática. Percebi que a psicologia seria um forte aliado para as reformulações que pretendia introduzir em minhas aulas.

Apesar do fascínio por todas as reflexões que eu estava tendo contato na especialização, não posso negar a profunda e desconfortável sensação de perda que senti. Eu estava voltando à universidade após dez anos, reproduzindo, sem questionar, uma visão distorcida da Matemática, da minha função docente e, sobretudo, do aluno. A reprodução de um modelo de ensino, sem questioná-lo, era a tradução de minha maior perda.

A experiência no Colégio Nazaré foi marcante. Assumi, já no segundo ano de atuação na escola, a responsabilidade de conduzir as atividades do laboratório de Educação Matemática. Deveria receber no laboratório as turmas de 5<sup>a</sup> série (cinco turmas) uma vez por semana, com atividades diferenciadas que pudessem contribuir para a construção de conceitos, a serem aprofundados posteriormente por outro professor com o qual compartilhava as turmas.

Em função da escassez de referenciais bibliográficos, produzi grande parte destas atividades, que eram aplicadas semanalmente para os alunos. Quando deixei a escola, no início de 2000, já estava desenvolvendo um trabalho diferenciado com o laboratório de Educação Matemática nas turmas de 5<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> séries.

As atividades já elaboradas pelo professor Wlamir Abreu Teixeira (Laboratório de Educação Matemática da ETRB), foram fundamentais para que, eu, a partir delas, construísse minha própria base de produções.

A contribuição desta experiência (Colégio Nazaré), também aconteceu em dois sentidos. Por um lado, como eu estava mergulhado na prática de um laboratório de Educação Matemática, acrescido do peso da responsabilidade de não deixar o projeto fracassar, fui levado necessariamente a aprofundar minhas pesquisas, alargando consideravelmente meus referenciais. Por outro lado, como consequência natural, a produção de atividades foi se especializando cada vez mais.

Duas atividades que produzi nesta época foram extremamente interessantes. Uma dessas atividades era um jogo com regras que denominei de Bafrão, por se tratar de um baralho envolvendo frações. E, uma outra atividade (indutiva) para resolver o problema da comparação de ângulos formados por duas retas paralelas e uma transversal, conteúdo que normalmente os alunos de 7ª série encontram dificuldades de aprender.

Passarei a descrever a criação do Bafrão, pois este episódio traduz meu nível de envolvimento com o laboratório de Educação Matemática do Colégio Nazaré e o quanto esta experiência foi determinante para o meu crescimento profissional.

O desafio de produzir atividades diferenciadas a cada semana, provocou profunda necessidade de leituras, pesquisas e adaptações urgentes. A cada semana uma atividade lúdica ou experimental deveria ser apresentada em conformidade com os conteúdos explorados em sala de aula. Foi realmente um grande desafio. A necessidade é magia que quando nos desafia a buscar soluções, é capaz de produzir coisas surpreendentes.

Numa das muitas noites que passei em claro, pensando em viabilizar meu trabalho, jogando despretensiosamente dois dados sobre a mesa como uma forma de passar o tempo, de repente ....EURECA !!! ... A necessidade fez brotar a idéia de produzir um baralho cujas cartas fossem geradas por todas as frações determinadas pelos dois dados. O maior dado representaria os numeradores e, o menor, os denominadores. Assim, construí uma matriz na qual era possível visualizar todas as possibilidades a partir do lançamento de dois dados simultaneamente. Obtive, portanto, 36 frações geradas, observe:

Num / Dem	1	2	3	4	5	6
1	1/1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6
2	2/1	2/2	2/3	2/4	2/5	2/6
3	3/1	3/2	3/3	3/4	3/5	3/6
4	4/1	4/2	4/3	4/4	4/5	4/6
5	5/1	5/2	5/3	5/4	5/5	5/6
6	6/1	6/2	6/3	6/4	6/5	6/6

Simplificando as frações e abandonando os resultados repetidos, obtive 23 frações irredutíveis, conforme a tabela:

Num / Dem	1	2	3	4	5	6
1	1	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6
2	2	*	2/3	*	2/5	*
3	3	3/2	*	3/4	3/5	*
4	4	*	4/3	*	4/5	*
5	5	5/2	5/3	5/4	*	5/6
6	6	*	*	*	6/5	*

Assim, obtive 23 resultados irredutíveis e, portanto, 23 cartas contendo os números naturais de 1 a 6, frações próprias, frações impróprias e frações inversas.

Conteúdos básicos de frações como leitura, fixação de posicionamento do numerador e denominador, comparação e equivalência foram algumas possibilidades que visualizei, inicialmente, para o jogo.

No entanto, um fato introduziu um certo desconforto. Eram 23 cartas, um número que por não ser par, traria dificuldades na hora de dividir as cartas entre os jogadores. Superei rapidamente esta dificuldade, introduzindo um “curinga”, afinal todo baralho deve possuir um. Assim totalizei 24 cartas, que além de ser um número par, é múltiplo de 2, 3, 4, 6, 8, 12 e 24, fato que facilitaria a criação de modalidades para o jogo, bem como a distribuição de cartas entre os jogadores.

O Bafrão foi elaborado no final do primeiro semestre de 1998, já com 9 modalidades diferentes de jogá-lo. Desde lá, participei de inúmeras feiras de ciências em escolas públicas e privadas, obtendo sempre uma receptividade muito gratificante. O Bafrão tornou-se, assim, parte integrante das atividades do laboratório do Colégio Nazaré.

Além disso, a participação no VI ENEM veio solidificar ainda mais minha experiência com o laboratório de Educação Matemática. Minhas inquietações eram semelhantes às inquietações de professores de todas as partes do país. Pude perceber que eu não estava isolado, que muitas respostas que eu procurava estavam ali, diante dos meus olhos, em cada palestra, em cada conferência, em cada oficina e em cada relato de experiência.

Percebia, então, de uma forma mais intensa, que o meu isolamento durante os dez primeiros anos de docência (porque acreditei que estava formado), foram quase determinantes para a minha morte profissional. O VI ENEM deixou claro o poder transformador das interações com nossos pares.

O contato com algumas teorias na especialização, o mergulho nas práticas de laboratório do colégio Nazaré e a confirmação de que grande parte do que eu havia produzido estava de acordo com outras pesquisas pelo Brasil, solidificaram assim, a experiência do laboratório de Educação Matemática em minha trajetória profissional.

O grande desafio do educador que atua com a linguagem Matemática, diante de um quadro caótico que parece inibir qualquer tentativa de mudança, é ele conseguir fazer uma nova leitura da sua prática em sintonia com o momento histórico em que vive.

É preciso mergulhar na complexidade do processo ensino-aprendizagem em busca de alternativas metodológicas que possibilitem, em algum nível, quebrar as barreiras impostas pela modernidade. A idéia do laboratório parecia apropriada neste sentido.

Acreditei que poderia contribuir para destruir mitos, gerando possibilidades de apreensão desta fascinante disciplina, levando os meus alunos a percebê-la como fundamento importante para sua formação integral, sobretudo para o pleno exercício da cidadania.

Trabalhando nesta perspectiva, nos últimos anos, o laboratório de Educação Matemática da ETRB tem catalogado e produzido inúmeras atividades sob a coordenação do professor Wlamir Abreu Teixeira. São jogos didáticos para a fixação de conceitos, algoritmos para estimular o raciocínio lógico; quebra-cabeças envolvendo leitura, produção de textos e resolução de expressões numéricas; gincanas (produção de algoritmos e aplicações); atividades de medições para cálculos de área, volumes e perímetros, planificação de sólidos geométricos; induções para a redescoberta de conceitos; oficinas voltadas para as olimpíadas de matemática; produção de um jornal trimestral denominado INFOR-MAT, que integra professores e alunos na pesquisa e valoriza a história da matemática como instrumento de ensino e motivação; teatro que valoriza a matemática no cotidiano aproximando arte e ética; produção de músicas inéditas e paródias relacionadas à fixação de conceitos e algoritmos e a produção de revistas relacionadas ao contexto escolar.

### **1.3. Construindo um conceito em duas perspectivas**

As inquietações continuam, mas sei que cresci muito em minha prática. Venci a visão mesmista e mecanicista, resultante de minha formação inicial. Sei que posso e devo refletir sobre minha prática docente. Não há nada pronto e acabado que não possa ser revisto e mudado numa prática docente responsável.

Acreditei que havia algo além, venci a prepotência cartesiana de auto-suficiência e, interagindo com meus pares, estou convencido de que este é o caminho que produzirá as mudanças, sem as quais nossa prática docente é morta e, por não produzir os resultados necessários, é extremamente destrutiva.

O laboratório de Educação Matemática surgiu na minha experiência (a partir dos cursos do NPADC e UNB) propondo alternativas para o ensino de Matemática a partir das dificuldades que eu enfrentava, ministrando esta disciplina em sala de aula. As atividades desenvolvidas nesses espaços têm, em geral, uma dupla preocupação. Na perspectiva docente, preocupa-se em cultivar uma ambiência de prática reflexiva indispensável para o desenvolvimento de qualquer ação de ensino. Já na perspectiva discente, a preocupação volta-se para a promoção da *aprendizagem significativa*.

Estas preocupações, traduzem novas exigências ao trabalho docente, que na visão de Perrenoud (2000), são denominadas como capacidades de agir de uma forma relativamente eficaz em uma família de situações.

Sobre tais capacidades, relativas ao desempenho docente, Perrenoud (2000) enuncia uma lista a qual denomina “*família de competências*” dentre as quais destaco: Organizar e estimular situações de aprendizagem; gerar progressão das aprendizagens; conceber os alunos em suas aprendizagens e gerar sua própria formação contínua.

Estas capacidades estavam adormecidas dentro de mim numa perspectiva linear de ensino. As atividades do laboratório, levaram-me a passar muito mais tempo planejando minhas aulas. A organização das situações de ensino passaram a assumir uma outra dimensão de responsabilidade. Eu deveria diversificar o cardápio, pois, agora concebia o ato-processo de ensino-aprendizagem como estrutura extremamente complexa e não mais linear na qual eu pudesse ensinar tudo de uma única maneira.

Consegui perceber com bastante nitidez que eu estava aprendendo sobre como os alunos aprendiam, que também estava mergulhado numa incrível modalidade de aprendizado, que admitia algo novo e surpreendente a cada dia.

Não estava formado (como pensei durante tanto tempo), mas em processo de formação tanto quanto os meus alunos. A construção de conhecimento, definitivamente, não era mais uma estrada de mão única.

Dentro desta perspectiva, na minha experiência, a pretensão de um laboratório de Educação Matemática pode se adequar, na perspectiva docente, ao que Perrenoud (2000) chama de *recomposição progressiva do leque de competências* (apropriação por parte do professor das doze capacidades enunciadas na família de competências).

A pretensão do laboratório é, portanto, a de gerar uma ambiência para o exercício de uma prática reflexiva. Minha concepção provisória de um laboratório de educação matemática pressupõe uma íntima relação da tríade espaço-atitude-intenção, uma vez que destina-se à *pesquisa, elaboração, aplicação e avaliação de situações de ensino-aprendizagem do saber matemático e suas múltiplas implicações nas relações humanas*.

O espaço, tão essencial ao desenvolvimento de certas atividades, está contido no meu conceito provisório de laboratório, mas não se reduz a ele. Durante muito tempo tivemos muitas resistências de alguns colegas que concebiam o “espaço físico” do laboratório como ambiente de puro entretenimento. Aula de “verdade” tinha que ser na sala de aula (espaço convencional).

Grande parte das atividades desenvolvidas no laboratório é realizada em pequenos grupos monitorados pelo professor. Há uma participação mais ativa dos alunos, que são induzidos, pela própria natureza da atividade, a uma ambiência de muitas interações entre si e com o professor.

Assim, como os jogos e a manipulação de materiais concretos são usados com frequência no laboratório (espaço diferenciado), a sala de aula (espaço convencional) limita um pouco certas atividades, mas não inviabiliza de forma alguma o que julgo ser a

dimensão fundamental nesse trabalho, a atitude e a intenção do professor ao propor qualquer atividade.

A atitude está ligada à ação docente de pesquisa, elaboração, aplicação e avaliação de situações de ensino geradas pelas atividades. São estas ações do professor, que constituem sua atitude para materializar o laboratório.

A dimensão atitudinal do laboratório de Educação Matemática em minha visão provisória, é marcada pela compreensão de que o professor é o grande responsável pela condução do processo de construção de conhecimento. Ele poderá superar a mera formalidade de prestar informações, passando a agir como interlocutor, orientando e possibilitando a aceleração do processo de aprendizagem, sobretudo, a partir da exploração dos objetos de conhecimento sob várias orientações e perspectivas metodológicas.

Micotti (1999) argumenta:

(...) não basta o professor apresentar informações, nem deixar o aluno entregue a si próprio diante do objeto de estudo. O indivíduo sem interlocutores ou sem orientação progride muito devagar. Isto exige de quem ensina a realização de vários enfoques do objeto ou muitos olhares: Olhar a matéria como saber (sistemizado, com seu modo de focalizar a realidade, sua linguagem e metodologia de pesquisa), olhar a matéria do ponto de vista do aprendiz, olhar a matéria do ponto de vista de quem deve ensinar. A aplicação dessas idéias implica numa reviravolta na educação. (p.159)

Além disso, o desenvolvimento da atitude que materializa o laboratório de Educação Matemática o conduz naturalmente a uma *intencionalidade pedagógica*, ou seja, o professor precisa saber exatamente aonde quer chegar com aquela(s) atividade(s). Assim, ele evitará o descanso permanente nos “braços protetores” do livro didático, sem dúvida alguma, salvaguardando seus benefícios e limitações, também importante dentro do processo de ensino.

Com efeito, a intenção do laboratório de Educação Matemática é proporcionar atividades interativas que possibilitem o acesso das crianças, a partir de suas idéias cotidianas, ao *saber* matemático. A diferença entre *informação*, *conhecimento* e *saber* contribui bastante para elucidar esta proposição.

Neste sentido, Micotti (1999) afirma que:

Informação, conhecimento e saber são distintos apesar de inter-relacionados. Uma informação pode, objetivamente, estar presente no meio ambiente (ela é exterior à pessoa e pode ser estocada, isto é, gravada, registrada num computador, escrita em livros etc.), no entanto, se um indivíduo (o sujeito) não se der conta dela, para este indivíduo, ela não se transformará em conhecimento. O conhecimento é uma experiência interior – envolve a relação do sujeito com o objeto (de conhecimento); envolve também interpretação pessoal – o mesmo discurso ou os dados de uma observação podem ser interpretados de modos diferentes por diversas pessoas. Mas para serem admitidas como saber pela coletividade, estas interpretações são submetidas, por outros à análise rigorosa. O saber compreende informação e conhecimento; nele prepondera o aspecto social. Não basta alguém interpretar as coisas ao seu modo para que a sua interpretação seja reconhecida como válida, para isso é preciso que outros abonem esse conhecimento ou esta interpretação – a comunidade científica, a sociedade. Uma das principais funções da educação escolar é assegurar a propagação do saber. (p.156)

A concepção de um laboratório dentro desta perspectiva, abre a possibilidade de superação da mera ministração frontal de conteúdos – *exposição de lições* – que Perrenoud (2000) classifica como habilidade pedagógica muito comum, porém, bastante empobrecida.

Isto não significa de modo algum dizer que a exposição oral não tem nenhum valor pedagógico. Se o processo de ensino-aprendizagem, de fato é complexo e não linear, então é lógico admitir que não se pode ensinar-aprender todas as coisas a partir de uma mesma metodologia – aulas expositivas – é preciso diversificar as possibilidades.

É preciso avançar na aquisição progressiva de capacidades mais apuradas, oriundas tanto da Didática, quanto da gestão de classe. Assim será possível controlar, uma ampla gama de situações e procedimentos de aprendizagem que levam em consideração, sobretudo, a diversidade dos aprendizes.

Nesta perspectiva, o exercício docente é marcado por uma paisagem de conflitos com o outro – confrontos, resistências, opacidades e ambivalências. “...É cada vez mais difícil ensinar e, sobretudo, fazer aprender” (PERRENOUD, 2000, p.15).

Os propósitos de um laboratório de Educação Matemática ficam ainda mais pertinentes aos estudos das competências, na medida em que Perrenoud (2000) considera que tais competências estão relacionadas ao desejo de aprender os sentidos dos saberes.

Este desejo, evidencia-se na busca de explicar e compreender o envolvimento do sujeito na relação pedagógica e na construção compartilhada de conhecimento. Assim, as didáticas pontuais, voltadas às situações específicas de ensino, cujas bases são as ciências cognitivas, estão, portanto, vinculadas a este processo.

Somente quando submergi na pesquisa, produção e aplicação de atividades para o laboratório de ensino, é que expressões como “envolvimento do sujeito”, “construção compartilhada” e “sentido dos saberes”, passaram a fazer parte integrante do meu vocabulário e, sobretudo, alvos de minhas ações docentes.

É neste sentido, que o laboratório de educação matemática, na minha formação passou a ser entendido como um laboratório de pesquisa em didática. Concepção esta compartilhada por Machado (1999), que considera que um tal laboratório, é um lugar onde juntamos os dados e colocamos à prova as hipóteses.

Tanto pode ser a sala de aula, a escola, a sociedade, quanto a própria história. Quanto maior for a pluralidade das instâncias de verificação das hipóteses, tanto maior será o poder transformador dos resultados obtidos nesses estudos.

Encontro, tanto em Perrenoud (2000), quanto em Machado (1999), traços que me ajudaram, mais recentemente, a visualizar de modo mais amplo as possibilidades pedagógicas proporcionadas pelo laboratório de Educação Matemática ao longo de minha trajetória profissional.

Tal laboratório de educação, deixa de ser um local, um espaço físico destinado às brincadeiras, aos jogos, aos divertimentos e ao lazer. Configura-se além do que é físico, transcende o geográfico e constitui-se essencialmente no campo intersubjetivo a partir da atitude intencionada de fazer aprender.

O laboratório é um *espaço-attitudinal-intencional* de pesquisa numa dinâmica que muda com frequência o foco de interesse. Ora está sobre o professor em suas ações pedagógicas, ora está sobre o aluno na forma como participa de situações de ensino, ora nas interações professor-aluno, ora sobre o próprio conteúdo da disciplina em busca de localizar pontos essenciais à sua compreensão.

Neste sentido, acredito ser possível apontar, já numa perspectiva discente, o laboratório de Educação Matemática (através de suas atividades) como promotor de aprendizagem significativa (ver Capítulo II, p. 82).

Entre outras atividades que certamente facilitam a aprendizagem significativa, os jogos estão sempre presentes nestes laboratórios. A tendência de usá-los no ensino de Matemática tem sido fomentada, por exemplo, ao longo dos últimos anos em inúmeros congressos nacionais promovidos pela Sociedade Brasileira de Educação Matemática – SBEM – que desde 1987 vem discutindo esta temática.

Embora Kishimoto (1994), numa revisão bibliográfica encontre referências ao uso do jogo na educação que remontam à Roma e à Grécia antigas, só recentemente, sobretudo na segunda metade do século XX, temos as contribuições mais relevantes para o

surgimento de propostas de ensino que incorporam o uso de materiais pedagógicos em que os sujeitos tomam parte ativa na aprendizagem.

Estas contribuições, são efetivamente uma referência de Kishimoto (1994) às contribuições de Piaget, Bruner, Wallon e Vygotsky, que marcaram as novas propostas de ensino em bases científicas.

A partir destas novas propostas, os conteúdos passam a figurar não apenas como informações de uma disciplina específica, mas são definidos a partir de um conjunto de valores sociais que são preservados, criados ou recriados e difundidos através da escola.

O jogo é, neste contexto, um importante elemento para a educação de crianças no processo de apreensão dos conhecimentos em situações cotidianas. Passa a ser definido como relevante aliado no ensino formal de Matemática, sendo possível apontar algumas vantagens do seu uso a partir das concepções da psicologia sócio-interacionista.

Tais concepções acreditam na eficiência do jogo para a produção de conhecimentos, ao considerá-lo impregnado de conteúdos culturais e que os sujeitos, ao tomarem contato com ele (o jogo), fazem-no através de conhecimentos adquiridos socialmente, que lhes permitem entender o conjunto de práticas sociais nas quais se inserem.

Kishimoto (1994) acredita que a criança aprende e desenvolve suas estruturas cognitivas ao lidar com o jogo de regra e isto ocorre porque ele está repleto de possibilidades de aprendizagem. Os sujeitos ao jogarem, passam a lidar com regras que lhes permitem a compreensão de conhecimentos veiculados socialmente, oferecendo-lhes novos elementos para aprender conceitos futuros.

Assim, para o laboratório de Educação Matemática, o jogo ganha status de promotor de aprendizagem, o que constitui seguramente uma vantagem diante de um contexto muitas vezes desfavorável para o ensino.

A promoção da aprendizagem possibilitada pelo jogo pressupõe evidentemente uso intencional. Isto equivale dizer que demanda um plano de ação que permita a aprendizagem de conceitos matemáticos, entre outros.

Nesta visão, o jogo será conteúdo assumido com a finalidade de desenvolver habilidades de resolução de problemas, possibilitando ao aluno, e nisto percebe-se uma poderosa vantagem do seu uso, a oportunidade de estabelecer planos de ação para atingir determinados objetivos, executar jogadas segundo este plano e avaliar sua eficácia através dos resultados obtidos.

O jogo, atividade típica de um laboratório de Educação Matemática, justifica-se, segundo Kishimoto (1994), por introduzir uma linguagem Matemática que pouco a pouco será incorporada aos conceitos matemáticos formais, por desenvolver a capacidade de lidar com informações, por criar significados culturais para os conceitos Matemáticos, e ao possibilitar estudos de novos conteúdos. Estas possibilidades apresentam boa vantagem diante do caos enunciado por Perrenoud (2000).

A compreensão do envolvimento dos sujeitos na relação pedagógica, a construção compartilhada de conhecimento, a busca por novo sentido dos saberes, traços evidentes em Perrenoud (2000), sinalizam a necessidade de uma visão pós-moderna de fazer ciência, de reconhecer os reflexos desta visão sobre a educação, bem como a necessidade de evidenciar a importância da psicologia interacionista para fundamentar pesquisas no laboratório de Educação Matemática.

Estabelecer a relação entre aprendizagem e desenvolvimento numa perspectiva sócio-histórica, sobretudo, a partir dos pressupostos teóricos vygotskyanos, constitui-se uma notável ferramenta de interpretação e análise das atividades desenvolvidas num laboratório de Educação Matemática em função da ambiência de interações verbais que tais atividades proporcionam.

Em síntese, ao dar vazão às minhas inquietações profissionais encontrei, nas *interações com meus pares*, possibilidades de efetivar algumas mudanças metodológicas a partir de atividades típicas de um laboratório de Educação Matemática. Estas atividades guardam em si a característica fundamental de proporcionar uma ambiência natural de *interações verbais* que mostram-se extremamente pertinentes e indispensáveis aos processos de construção de conhecimento em situações de ensino.

Acredito, no momento, que ao estudar especificamente a construção de conhecimentos a partir de uma situação específica de um jogo, atividade típica de um Laboratório de Educação Matemática, e, ao responder, ainda que de modo provisório, a questão central desta pesquisa: *Qual o papel das interações professor-aluno na construção da solução lógico-aritmética otimizada de um jogo com regras*; construo um aporte teórico-metodológico de articulação necessário para solidificar algumas mudanças em minha prática docente, gerando, deste modo, novos elementos que viabilizem contínuas reflexões.

#### **1.4. Em busca de um olhar transdisciplinar**

Para que o professor conduza de forma eficiente o processo ensino-aprendizagem em sala de aula, Ponte (2000) sugere o desenvolvimento de conhecimento em alguns domínios fundamentais, dentre os quais destaco: Conhecimento do *aluno e dos processos de aprendizagem*, e, conseqüentemente, da atividade de *condução instrucional*.

Estes domínios traduzem uma dimensão epistemológica ao exercício da função docente na medida em que o conhecimento escolar exige uma estreita relação entre características específicas de conteúdos (disciplinas), seus significados, sentidos, e, sobretudo, do seu papel na formação do indivíduo.

Com efeito, para Machado (1999), o objetivo principal da educação não é só a valorização exclusiva do conteúdo, mas, acima de tudo, é também a *promoção existencial* do aluno.

Esta dimensão epistemológica do exercício docente, exigida pela natureza do seu trabalho, associada à promoção existencial do aluno, traduz a possibilidade de um olhar transdisciplinar às tentativas de introduzir metodologias alternativas que visem progressos na aprendizagem.

Assim, a condução instrucional, que está ligada diretamente aos aspectos metodológicos, depende da visão do docente sobre os modos pelos quais os processos de aprendizagem se efetivam, os quais por sua vez contribuem para a formação da nossa condição humana. Isto equivale a dizer que instruo conforme concebo o ser humano e o modo como ele conhece.

Pretendo estabelecer, deste modo, uma relação mais ampla que possibilite conceber sob um único olhar, tanto as minhas *primeiras inquietações*, as *interações com meus pares*, quanto o meu envolvimento com o *laboratório de Educação Matemática* cujas atividades, como por exemplo o jogo, guardavam em si a *interação* como característica fundamental.

É neste sentido que *a transdisciplinaridade* surge como um conceito extremamente pertinente a tudo que tenho construído até este ponto. A partir de uma breve discussão sobre este conceito, sintetizo princípios transdisciplinares e estabeleço conexões que possibilitam aproximar minhas construções argumentativas sob o olhar transdisciplinar.

Assim, A CARTA DE TRANSDISCIPLINARIDADE, adotada no primeiro congresso da transdisciplinaridade, realizada no convento de Arrábida em Portugal, de 2 a 6 de novembro de 1994, enuncia através de 14 artigos uma visão plural do homem e de suas múltiplas relações com o outro, consigo e com a natureza na perspectiva de um futuro melhor.

O documento, que na verdade propõe um conceito em construção de transdisciplinaridade, sugere, através de seus artigos, alguns princípios paramétricos que devem nortear e identificar todo e qualquer olhar transdisciplinar.

O primeiro artigo enuncia o que chamo de *anti-reducionismo do ser*. Em síntese é uma revalorização do homem. Neste sentido, o homem é mais do que as estruturas criadas para sua subsistência, estando, portanto, além de qualquer tentativa de definição.

Este princípio é, na verdade, como um portal de acesso a todos os outros na medida em que comporta características tipicamente humanas como a pluralidade, a singularidade, a complexidade e a subjetividade, marcas distintas esquecidas pelas certezas da ciência moderna.

Nesta perspectiva, a carta enuncia no seu segundo artigo, num sentido paralelo ao primeiro, o que denomino de *anti-reducionismo da realidade*. Para a transdisciplinaridade, a realidade é plural não podendo jamais ser reduzida a uma única prepotente descrição por leis deterministas, tal como pretendeu a modernidade.

Existem muitos níveis da realidade descritas por lógicas diferentes e, portanto, não rotuláveis em inferiores ou superiores, mas como diferentes realidades cada uma associada a um contexto específico.

Neste sentido, uma ação educativa transdisciplinar está repleta de um olhar plural do ser humano e da realidade complexa na qual ele está inserido.

O terceiro artigo enuncia o princípio da *confrontação complementar*. Adotei esta nomenclatura na medida em que percebi que, a partir de uma aproximação das disciplinas, a transdisciplinaridade faz emergir dados novos, que uma vez confrontados pelos diversos olhares, desencadeiam novas percepções da realidade.

Não há, desta maneira, uma intenção transdisciplinar de domínio sobre as disciplinas, mas a de proporcionar um canal aberto que as complementem pelo diálogo, promovendo crescimento recíproco.

Este princípio (*confrontação complementar*), sugere interagir, cooperar, comunicar, ouvir, falar, exercitar a criatividade e a liberdade, necessidades educacionais indiscutíveis para nossos dias. Uma visão interativa de extrema relevância para toda prática docente comprometida.

O princípio da *unificação* surge no quarto artigo da carta de transdisciplinaridade, quando ela preconiza a possibilidade de uma unidade semântica e operativa, através e além das disciplinas. Assim, admite como pressuposto uma racionalidade aberta, na medida em que redimensiona as noções de definição, objetividade, formalismo excessivo e a exclusão do sujeito. A chave deste princípio é a atitude de estar aberto ao novo, ou seja, de cultivar a racionalidade aberta.

O quinto princípio, intimamente ligado ao quarto, denominei *diálogo permanente* que viabiliza um olhar mais amplo das diversas acepções disciplinares, possibilitando a visão unificada de significados. Este diálogo alimenta a reconciliação das ciências exatas com as ciências humanas com as artes, a literatura, a poesia e a experiência espiritual.

O sexto artigo da carta tem um caráter bastante enigmático. Coloca a transdisciplinaridade numa perspectiva multidimensional quando relacionada com a inter e a multidisciplinaridade. A questão fundamental desta afirmação é que a transdisciplinaridade além de levar em consideração as diversas concepções do tempo e da história, não descarta a possibilidade de um horizonte trans-histórico.

O princípio da *incompletude*, enunciado no sétimo artigo, expressa de forma categórica que a transdisciplinaridade não é uma ciência das ciências. Não é uma nova religião, filosofia ou metafísica, sendo, neste sentido, um conceito em plena construção.

Assim, a transdisciplinaridade, não assumindo um conceito acabado, admite a postura de promover o diálogo entre as múltiplas percepções humanas no decorrer da sua história. Fica bastante evidente neste princípio o papel transdisciplinar no momento de transição paradigmática da modernidade para a pós-modernidade.

No oitavo artigo da carta, vejo o princípio da *dupla pertinência*. A dignidade humana é ao mesmo tempo cósmica e planetária. Neste sentido, o homem tem um direito magno a uma nacionalidade que é, por sua vez, transnacional outorgando-lhe um dever magno de exercer sua cidadania além das fronteiras de sua pátria, acima de tudo como cidadão da terra.

Precisamos nos sentir cada vez mais pertinentes na dimensão local e global como *parte e todo* de uma realidade complexa, onde coexistem o homem e a natureza em suas múltiplas relações.

O nono artigo da carta bem poderia ser considerado uma extensão do seu artigo quinto, uma vez que admite, no olhar transdisciplinar, o respeito aos mitos, religiões e àqueles que crêem. Talvez, a inclusão deste conteúdo, neste nono artigo, deva-se ao fato de trazer uma dimensão pessoal de reciprocidade mútua pela experiência e subjetividade do outro.

Pelo mesmo motivo, o artigo décimo, reforçado pelos artigos quinto e nono, eliminam a possibilidade de um lugar cultural ao qual descansa o privilégio ímpar de julgar outras culturas.

Este princípio poderia ser designado de *transcultural*, na medida em que não vê uma cultura como superior ou inferior a outras. A cultura é constituinte e integrante da natureza humana, não sendo, portanto, possível o estabelecimento de parâmetros comparativos entre culturas.

A atividade educacional recebe uma contribuição direta de todos os princípios já estabelecidos e quando a carta enuncia o décimo primeiro artigo. Denomino este princípio de *autenticidade da ação educativa*.

Na visão transdisciplinar, a educação autêntica não deve privilegiar a abstração do conhecimento. É neste sentido que toda ação de ensino deve buscar a contextualização, a concretização e a globalização do conhecimento.

A proposta é buscar sentido e significado para os conteúdos abordados em classe, que, na maioria das vezes, estão completamente dissociados da realidade do aluno, proporcionando-lhe dificuldades na aprendizagem, ora pelos altos níveis de abstração com que são tratados (muitas vezes desnecessariamente), ora pela falta de aproximação com sua realidade cotidiana.

A transdisciplinaridade, neste sentido, propõe uma (re)avaliação do papel da intuição, da imaginação, da sensibilidade e do corpo na transmissão do conhecimento.

Uma ruptura com o atual sistema capitalista é proposto no décimo primeiro artigo da carta. Denomino este princípio de *Inversão econômica*. O olhar transdisciplinar percebe a grande distorção de uma economia que inverteu valores. No modelo capitalista, o homem é um escravo do capital, é uma peça com número de série, descartável quando não é produtiva. No atual modelo, o homem sem dignidade serve ao senhor capital, absoluto e todo poderoso. A idéia desse princípio é propor uma economia que sirva aos seres humanos em suas reais necessidades, resgatando a dignidade humana, colocando a humanidade como senhora e não como serva do capital. Isto, sem dúvida, representa uma brutal ruptura com um sistema econômico que concentra as rendas e promove a miséria da humanidade.

Denomino o princípio estabelecido pelo décimo terceiro artigo de *Ético da dupla recusa*. A ética transdisciplinar *recusa* a atitude que *recusa* o diálogo e a discussão seja

qual for sua origem. Tal princípio preconiza um saber compartilhado que está ligado a uma compreensão compartilhada nascida do respeito absoluto pelas diferenças ideológicas, científicas, religiosas, econômicas, políticas ou filosóficas. É uma visão realimentada pelo fato de sermos todos seres habitantes da mesma casa. Todos temos uma vida em comum no mesmo espaço físico, a terra.

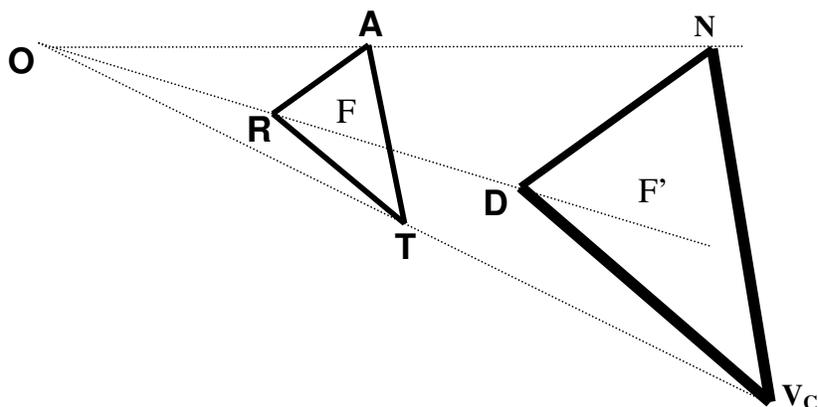
Finalmente, o décimo quarto artigo define as características fundamentais do olhar transdisciplinar. É necessário, no entanto, lembrar que o ponto de sustentação transdisciplinar já foi enunciado no artigo quarto com a proposição de unificação semântica e operativa, que pressupõe o que a carta denominou de racionalidade aberta.

Assim, denomino o princípio estabelecido aqui de *homotetia transdisciplinar*, numa tentativa de projetar uma síntese analógica, geométrica e descritiva da visão transdisciplinar proposta no documento em questão. O *rigor*, a *abertura* e a *tolerância* são os conceitos fundamentais na atitude transdisciplinar.

O *rigor* é, nesta perspectiva, o instrumento que permite a amplitude máxima do espaço amostral em questão, ou seja, toda atitude transdisciplinar leva em conta todos os dados possíveis pertinentes ao problema em foco, inibindo proporcionalmente as possíveis *distorções*. A *abertura* assume a instrumentalidade, que viabiliza a aceitação do *novo*, do inesperado e do imprevisível. E, por fim, a *tolerância*, que possibilita o reconhecimento do direito às idéias e *verdades contrárias* às nossas.

Assim, para que a analogia geométrica fique estabelecida, perfeitamente, faz-se necessário a compreensão, ainda que superficial, do conceito de homotetia. Lima (1991, p.30) afirma que “A homotetia de centro  $O$  e razão  $r$  é uma função  $\delta : \Pi \rightarrow \Pi$  (ou  $\delta : E \rightarrow E$ ), definida do seguinte modo:  $\delta(O) = O$ , e para todo  $X \neq O$ ,  $\delta(X) = X'$  é o ponto da semi-reta  $OX$  tal que  $OX' = r.OX$ ”.

Imaginemos então uma homotetia de centro  $O$  e razão  $r > 0$  que transforma a figura  $F$  na figura  $F'$ .



A analogia que pretendo estabelecer consiste em considerar o centro  $O$  da homotetia descrita acima como sendo o princípio da *unificação semântica e operativa* proposta no artigo quarto, que, em conformidade com a carta, é o ponto de sustentação de todos os outros princípios fundamentais estabelecidos.

Em seguida, imagino a figura  $F$  contendo em seus vértices o *rigor* ( $R$ ), a *abertura* ( $A$ ), e a *tolerância* ( $T$ ), instrumentos que viabilizaram a projeção ampliada homotética que transforma  $F$  em  $F'$ , em cujos vértices estão, respectivamente, as *distorções* ( $D$ ), o *novo* ( $N$ ) e as *verdades contrárias* ( $V_c$ ), que consolidam e retroalimentam a *homotetia transdisciplinar*.

Assim, A CARTA DE TRANSDISCIPLINARIDADE apresenta quatorze artigos, que se sustentam entre si, tendo como ponto de apoio a unificação de significados. A carta expressa o desejo da emergência de mudanças, que projetam resultados futuros a partir de atitudes transdisciplinares.

Assim, as tríades (**R, A, T**) e (**D, N, V<sub>c</sub>**) interligadas pelo princípio da unificação semântica e operativa sintetizam, ainda que de forma preliminar, a visão de transdisciplinaridade.

Reconheço que a analogia geométrica de homotetia possui limitações e virtudes que serão alvos de futuros estudos. No momento, acredito trazer uma pequena contribuição no sentido de elucidar este conceito extremamente relevante e de profunda fertilidade em toda ação educativa.

Desde o início, tenho destacado com frequência a importância que as *interações* com meus pares tiveram ao longo da minha experiência no laboratório de Educação Matemática. A partir destas interações, passei a (re)construir, através de leituras e reflexão de minha prática docente, toda uma visão pedagógica do que hoje concebo como um laboratório de ensino de Matemática.

Tal concepção me permite estabelecer algumas articulações importantes com grande parte dos princípios estabelecidos na carta da transdisciplinaridade.

Assim, na minha visão, o laboratório é *anti-reducionista do ser* (artigo 1), quando (re)valoriza a participação ativa do aprendiz, bem como (re)significa a função docente. As atividades facilitam as interações verbais em sala de aula e colocam o professor como mediador, co-participante da construção de conhecimento.

O laboratório é *anti-reducionista da realidade* (artigo 2), na medida em que concebe o processo de ensino-aprendizagem como processo plural. Não há leis que possam descrevê-lo tal como é, apenas esboçar uma idéia aproximada de uma realidade inatingível.

O processo ensino-aprendizagem, tal como passei a concebê-lo, admite diferentes realidades descritas por lógicas diferentes. Estas lógicas afloram durante a realização de atividades que preconizam interações entre sujeitos. A influência da carga cultural fica evidente nestes momentos

Além disso, a palavra chave do princípio transdisciplinar da *confrontação complementar* (artigo 3), é a *interação*. Âmbito de toda minha visão sobre o laboratório de Educação Matemática. É na aproximação das disciplinas que o olhar transdisciplinar faz emergir novos dados, que provocam uma reação em cadeia entre si, produzindo novas percepções da realidade.

O trabalho com música realizado pelo professor Paulo Guimarães do laboratório de Educação Matemática (ETRB), é um bom exemplo nesta perspectiva. Um trabalho que começou com a tímida produção de paródias chegou à produção de um CD com músicas inéditas, um livro e a realização com sucesso de vários trabalhos envolvendo diversas disciplinas.

A pluralidade das interações foi experimentada a partir da aproximação da Matemática com a Língua Portuguesa, Ciências, Geografia e Arte. Este tem sido, sem dúvida, um trabalho bastante significativo na visão que construí para o laboratório.

Esta visão identifica-se com o princípio da *autenticidade educativa* (artigo 11) que traduz essencialmente o olhar transdisciplinar relacionado a toda prática educativa. Neste sentido, não se deve privilegiar a abstração do conhecimento em detrimento da contextualização, concretização e globalização.

A excessiva ênfase na abstração sem aproximação ao contexto cotidiano prejudica, na maioria das vezes, a motivação e, conseqüentemente, a participação ativa do aluno. As atividades propostas no laboratório visam, neste sentido, rever o papel da intuição, da imaginação e da sensibilidade, marcas distintivas de uma prática educativa transdisciplinar.

Finalmente, identifico o trabalho de um laboratório de Educação Matemática com o princípio que denominei de *homotetia* transdisciplinar (artigo 14). Considero este princípio como uma chave que abre o portal para que uma ação educativa torne-se transdisciplinar.

Tal princípio pode ser sintetizado nas relações estabelecidas nas três díades: *rigor-distorções, abertura-novidades e tolerância-verdades contrárias*.

O rigor com que é tratado o processo de ensino-aprendizagem, na perspectiva que construí de laboratório de ensino, reduz a possibilidade das distorções de uma prática sem reflexão.

A abertura, que é uma atitude gerada por uma racionalidade aberta, no laboratório de ensino que concebo, está refletida na compreensão de que no processo de ensino-aprendizagem não há espaço para um olhar que percebe a realidade numa única direção. É preciso estar aberto ao novo, sobretudo, disponibilizando um “cardápio metodológico” diversificado aos alunos, na expectativa de gerar novas aprendizagens.

A tolerância é a dimensão da ação educativa que possibilita o convívio com verdades contrárias. Não se trata de perder a identidade, mas, de respeitar a dignidade humana. As verdades empíricas do cotidiano podem ser ampliadas, justificadas, reformatadas ou mesmo abandonadas num processo de (re)construção e interação com as verdades escolares. A prepotência de um método perfeito, que despreza as experiências e convicções individuais, cede o lugar a uma relação dialética que produz conhecimento a partir de perspectivas diferentes.

Como se vê, é inteiramente possível conectar os trabalhos desenvolvidos no laboratório de Educação Matemática com o olhar transdisciplinar. A forma como tal laboratório foi concebido em minha trajetória profissional, permite-me identificá-lo com os princípios fundamentais expostos na CARTA DA TRANSDISCIPLINARIDADE, revelando, neste contexto, sua viabilidade como proposição para o ensino de Matemática, bem como a relevância de estudos específicos sobre a construção de conhecimento nas *interações* a partir de atividades típicas desses espaços.

Em síntese, ao refletir sobre minha experiência profissional sob o olhar transdisciplinar, desde as *minhas primeiras inquietações*, passando pelo *meu envolvimento com o laboratório de Educação Matemática*, em busca de subsídios para efetivar as mudanças metodológicas que eu tanto desejava, senti a necessidade de atingir três grandes objetivos.

Em primeiro lugar, senti a necessidade de *sistematizar uma nova visão de fazer ciência*. As minhas inquietações foram inicialmente geradas por uma prática docente fundada num modelo de ciência – Ciência Moderna – estabelecida durante a minha formação acadêmica. Qualquer mudança possível de ser viabilizada em minha prática docente determinava, neste sentido, uma (re)visão nos fundamentos do que eu concebia como ciência.

Além disso, um grande obstáculo a ser superado, nesta perspectiva, era a idéia de isolamento e/ou compartimentalização dos conhecimentos por disciplinas, ponto inquestionável da Ciência Moderna. As idéias discutidas sobre transdisciplinaridade neste capítulo, fundamentam, neste contexto, o surgimento da minha segunda necessidade, qual seja, a de estabelecer *articulações entre conhecimentos oriundos de saberes distintos*, mas, que estavam intimamente ligados às minhas dificuldades em sala de aula. Tanto a Educação Matemática, quanto a Psicologia Histórico-Cultural, mostravam-se cada vez mais pertinentes às expectativas de mudanças metodológicas que eu tanto buscava.

Finalmente, a minha terceira grande necessidade foi a de *construir um referencial teórico-metodológico que acrescentasse novos elementos para a reflexão de minha prática docente*, usando esses elementos para pesquisá-la.

O acréscimo de novos elementos como geradores de reflexão e pesquisa de minha prática docente demonstro num estudo de caso de uma atividade típica de um laboratório

de Educação Matemática (um jogo), em que discuto o papel das interações verbais (professor-aluno) na construção da solução otimizada de um jogo com regras.

Nesta perspectiva, os capítulos seguintes tratarão da sistematização de uma *nova visão de ciência*, de algumas *articulações entre Educação Matemática e Psicologia Histórico-Cultural*, e da *construção de um referencial teórico-metodológico* para realizar um *estudo de caso de uma atividade típica do laboratório de Matemática*.

## **CAPITULO II: MARCAS DE UMA NOVA ORDEM**

### **2.1. Construindo uma visão pós-moderna de ciência em Feyerabend**

Não é a ciência moderna que encerra os debates com frases prontas do tipo: “Tudo foi provado cientificamente”? Não haverá contradições nos pressupostos positivistas de neutralidade do conhecimento científico, que se considera o paradigma superior e único? Minhas inquietações profissionais não estariam ligadas, diretamente, à falência do modelo de Ciência Moderna, que influencia de forma efetiva as estruturas sociais, políticas e econômicas que regem todas as relações humanas?

Em busca da construção de uma nova visão de fazer ciência que pudesse, em alguma dimensão, responder com mais precisão às angústias daqueles que labutam em sala de aula, procurando desenvolver um ensino conectado às transformações exigidas pelos novos tempos, estabeleço um breve diálogo com alguns autores, cujas contribuições, julgo que são imprescindíveis para a discussão desta temática.

O primeiro diálogo, neste sentido, será estabelecido com Paul Karl Feyerabend, autor contemporâneo de várias obras, nacionalidade australiana, nascido em 1924, doutor em física pela universidade de Viena, filósofo e especialista em teatro, falecido aos setenta anos em Zurique.

Dentre suas várias obras, uma em especial – *Contra o Método* – materializa, significativamente, elementos que sinalizam a urgente necessidade da construção de um novo olhar conceitual sobre o que é, de fato, fazer ciência.

Feyerabend (1997) critica o dogmatismo e a universalidade do método científico hegemônico da modernidade, que aprisiona a mentalidade e impede o homem de alcançar a

verdadeira humanidade. Para ele, a ciência não é, necessariamente, a melhor forma de expressão do pensamento humano.

Desenvolvendo uma série de concepções filosóficas, Feyerabend (1997) propõe uma nova forma de fazer ciência, livre de amarrações universais, que questionam a postura soberana da Ciência Moderna.

Sua proposição, neste sentido, preconiza uma ciência que admite várias opções metodológicas na exploração do desconhecido. Segundo o autor, esta postura possibilita a conciliação entre o fazer científico e o reencontro do homem com sua própria humanidade.

Um tal reencontro exige, na visão de Feyerabend (1997), a rejeição sumária de todos os padrões de universalidade e de todas as tradições rígidas. Somente assim é possível descobrir os segredos da natureza sem deixar de crescer em liberdade, em humanidade e, sobretudo, sem perder a razão.

Feyerabend (1997) advoga, assim, uma posição anarquista, cuja essência epistemológica repousa na visão de uma ciência aberta às várias opções metodológicas que possibilite a exploração do desconhecido, sem perder a atitude humanista dos sujeitos. Tal anarquismo, é antes a defesa de um pluralismo metodológico do que uma resistência obstinada a qualquer tipo de organização.

Isto equivale a dizer que no desenvolvimento da ciência nem tudo ocorreu de acordo com o modelo de exatidão estabelecido pela epistemologia moderna. Por mais inviolável que seja a regra, sugere Feyerabend (1997), é sempre possível encontrar circunstâncias nas quais tais regras podem ser ignoradas e admitidas regra(s) oposta(s).

É neste sentido que Feyerabend (1997) preconiza a lógica da contra indução. Toda recorrência a hipóteses que contradizem teorias confirmadas, ou ainda, que não se ajustam a resultados experimentais bem estabelecidos, é um procedimento contra-indutivo.

A proposição contra-indutiva assim concebida, por um lado, pressupõe a adoção de uma metodologia aberta, ou seja, o investigador que deseja ampliar as fronteiras do seu conhecimento deve sempre admitir a possibilidade de introduzir novas concepções.

Ao proceder assim, o cientista adotará, necessariamente, uma metodologia pluralista, na medida em que, a partir da introdução de novas idéias, será levado a compará-las com as proposições iniciais, num processo dialético de construção de conhecimento. O cientista terá, desta forma, suas concepções provisórias aperfeiçoadas, afastando, provisoriamente, as concepções vencidas no confronto estabelecido entre idéias.

Neste sentido, assevera Feyerabend (1975):

(...) Especialistas e leigos, profissionais,(...) mentirosos e amantes da verdade – todos estarão convidados a participar da verdade e a trazer contribuição para o enriquecimento da nossa cultura (...) tornar forte o argumento fraco, tal como disse o sofista, para, desse modo, garantir o movimento do todo. (p.41)

Não há uma única teoria que esteja em perfeita harmonia com todos os fatos de um certo domínio. É preciso ter cautela com o uso de enunciados factuais oriundos de resultados experimentais aparentemente bem definidos. Tal compreensão equivale a dizer que os resultados experimentais mais bem estabelecidos podem não ser tão consistentes quanto parecem ser.

Neste sentido Feyerabend (1997) afirma:

Não podemos descobrir o mundo a partir de dentro (do que impõe a razão), mas há necessidade também de um padrão externo de crítica (...) de um conjunto de pressupostos alternativos ou necessitamos de um mundo imaginário para descobrir os traços de um mundo real que supomos habitar (p.43)

Não se trata, no entanto, de uma substituição de um conjunto de regras por outro conjunto de mesma natureza (visão moderna de exatidão). O procedimento contra-indutivo, é proposto com a intenção de convencer de que todas as metodologias, inclusive as mais óbvias, possuem limitações. É preciso estar aberto ao jogo da razão, percebendo suas contradições.

Finalmente, uma outra contribuição importante de Feyerabend (1997) para a construção de uma nova visão de ciência, é estabelecida quando ele discorre sobre a relação entre ciência e mito. Neste sentido, os cientistas, ao ignorarem as complexas condições físicas e históricas que influenciam diretamente evolução da ciência, pressupõem que esta pode ser elaborada obedecendo a regras fixas e imutáveis.

Já o mito, por envolver idéias do sagrado, repleto de tabus e de elaborações secundárias, se aproxima muito mais da visão moderna da ciência do se poderia admitir numa discussão filosófica.

Neste sentido, a ciência moderna é mítica. Dirige-se contra a maneira de ver dos seus oponentes, contra as ramificações secundárias, mas nunca questiona suas próprias concepções, tornando-as, desta forma, dogmáticas. Suas crenças básicas são protegidas por reações de tabu e por elaborações secundárias. Segundo afirma Feyerabend (1977), “(..) e tudo que deixa de acomodar-se ao sistema de categorias estabelecido, é declarado incompatível com tal sistema, ou encarado como algo escandaloso, ou freqüentemente, é simplesmente considerado como não existente” (p. 452).

Há necessidade de um novo sistema conceitual, de um novo olhar que preconize o conflito entre os resultados experimentais, obtidos na mais rigorosa observação, com critérios de verdade e o dúbio, importado de outros sistemas – religião, mito, concepções de não especialistas – numa postura contra-indutiva.

Neste sentido, Feyerabend (1977) referindo-se a Galileu diz:

(...) é um daqueles raros pensadores que nem desejam conservar indefinidamente as interpretações naturais, nem desejam eliminá-las inteiramente. Juízos extremos dessa espécie são alheios à sua forma de pensar (...) a atitude de Galileu é relativamente fácil: as interpretações naturais são necessárias. Os sentidos puros desajudados da razão, não nos proporcionam verdadeira compreensão da natureza (...) necessários para chegar a esta compreensão verdadeira são os sentidos acompanhados da razão (p.108).

## **2.2. Construindo uma nova visão de ciência em Thomas Khun**

A segunda contribuição para a construção de minha nova visão de ciência, vem de Thomas Samuel Khun (1922-1996), pós-doutor em Física pela Universidade de Harvard, foi professor de Educação Geral e de História das Ciências até 1991. Sua contribuição será, em particular, adotada aqui, a partir de sua visão na obra “Estrutura das Revoluções Científicas”.

Inicialmente, entendo ser necessária a compreensão de alguns termos usados por Khun (2000) a fim de facilitar a apreensão de suas principais concepções contidas na obra em foco. Dentre esses termos, destaco os seguintes: ciência normal, paradigma, crises, anomalias e incomensurabilidade de paradigmas.

Ao defender seu modelo de fazer ciência, Khun (2000) admite a existência de uma seqüência de períodos de estabilidade conceitual, nos quais a produção científica consegue explicar satisfatoriamente seus problemas emergentes. Tais períodos, são denominados de “ciência normal”. Neles, a comunidade científica adere a um certo modelo (paradigma).

Estes períodos de ciência normal são interrompidos por revoluções científicas, as quais são caracterizadas por crescentes manifestações de anomalias, ou seja, de fatos não

explicados pela ciência normal, gerando uma crise permanente que culmina com uma ruptura do paradigma vigente.

A crise só é de fato superada quando surge um novo candidato a paradigma, o que acarretará um novo período de ciência normal. A incomensurabilidade de paradigmas é, então, resultado das diferentes naturezas conceituais entre o antigo e o novo paradigma.

O conceito de paradigma (modelo) na perspectiva khuniana recebe aqui uma atenção especial. Trata-se, na verdade, de um conceito central dentro de sua visão a respeito da construção do conhecimento científico através dos tempos.

A adoção de um único paradigma por toda a comunidade é a marca fundamental que separa e caracteriza uma atividade científica. O paradigma é que determina os padrões para o trabalho legítimo dentro da ciência que ele governa. “Realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência” (KHUN, 2000, p.13).

Para Masterman (1979), o conceito de paradigma khuniano pode ser estabelecido em três grandes categorias com significados distintos, que bem poderiam ser denominado de filosófica, social e instrumental.

O significado filosófico é oriundo do fato de Khun (2000), algumas vezes, referir-se à ciência como possuidora de um elemento de fé. O paradigma nutre o cientista com uma cosmovisão que não é resultado direto de experiências, mas, que guia toda e qualquer experiência.

Já o significado social, refere-se à estrutura social da comunidade científica, ou seja, o paradigma adquire uma função normativa, pois é ele (paradigma) que fornece aos pesquisadores os procedimentos legítimos que serão aceitos pela comunidade científica.

O terceiro significado, refere-se ao fato de que, com frequência, uma realização científica é tomada como modelo para solucionar problemas de outras áreas. É neste

sentido que o paradigma pode ser entendido numa perspectiva de instrumento de pesquisa. Isto equivale a dizer que um determinado problema científico pode ser considerado como uma particularidade de uma situação mais geral, para a qual já existe uma solução dentro do paradigma.

Uma outra consideração relevante na compreensão do termo paradigma numa perspectiva khuniana, é a diferenciação, por um lado, de um uso *global* do termo, referente ao conjunto de compromissos de pesquisas de uma comunidade científica, e, por outro lado, de um uso *restrito*, referindo-se ao paradigma como exemplo partilhado.

No primeiro uso – *dimensão global* – o paradigma é identificado como uma matriz disciplinar por ser mais abrangente que o termo teoria. Por um lado, a nomenclatura matriz justifica-se na medida em que o paradigma pode ser descrito a partir da composição de vários elementos de espécies diferentes (disciplinas), sendo que cada um desses elementos exige determinação detalhada. Por outro lado, é disciplinar na medida que se refere à posse comum de uma disciplina particular por seus praticantes.

Dentre os principais tipos de componentes de uma matriz disciplinar estão os valores partilhados. Tais valores proporcionam aos cientistas o sentimento de que pertencem a uma comunidade global.

Já no uso mais *restrito*, o termo paradigma é usado na dimensão de exemplo compartilhado. É uma referência às produções disponibilizadas aos estudantes durante o desenvolvimento da educação científica, seja na resolução de problemas encontrados nos laboratórios, seja nas publicações de periódicos ou nos manuais científicos.

Além disso, o conceito khuniano de ciência normal necessita ser um pouco aprofundado a fim de facilitar a apreensão, com mais segurança, de sua nova concepção de fazer ciência.

Assim, para Khun (2000), a ciência normal é fundamentalmente caracterizada como adesão estrita e dogmática a um paradigma, que proporciona os conhecimentos necessários à resolução de problemas de pesquisas. Tais problemas devem ser resolvidos de acordo com regras pré-estabelecidas e invioláveis fornecidas pelo paradigma soberano.

Neste sentido, quando falta solução no paradigma para os problemas emergentes, a ciência normal interpreta como falta de capacidade do cientista e nunca questiona suas próprias bases metodológicas. É, nesta perspectiva, que a ciência normal é uma atividade fundamentalmente conservadora, não tendo a preocupação de trazer à tona novas espécies de fenômenos.

Para Khun (2000) é este estado de aparente conformação da ciência normal que constitui condição necessária para o progresso da ciência. O cientista livre da obrigação de analisar criticamente seus métodos, passa a concentrar-se nos detalhes, nos problemas esotéricos, nas minúcias dos problemas pesquisados.

Aqui temos um interessante paralelo entre o anarquismo (pluralismo metodológico) proposto por Paul Feyerabend e a postura khuniana. Enquanto em Feyerabend encontra-se a proposição de princípios para o desenvolvimento científico (contra-método), em Khun temos uma descrição histórica de como ocorre tal processo.

De um lado, em Feyerabend, o cientista precisa de coragem para admitir novas concepções oriundas de outros domínios, e, inclusive, àquelas contrárias às suas convicções atuais. É o cientista que admite, a partir de seus resultados, verdades provisórias, estando aberto às novas possibilidades e, sobretudo, consciente das limitações de todo e qualquer método, bem como da importância de admiti-los para o desenvolvimento científico.

Por outro lado, a postura khuniana ao descrever o desenvolvimento científico a partir de uma visão estrutural, acredita que o processo de ruptura de um paradigma ocorre

inevitavelmente como resultado de uma espécie de excesso de confiança no modelo. O cientista explora outros domínios, convicto do poder descritivo do paradigma vigente e, num dado momento, começa a ter dificuldades para explicar certos fenômenos com o seu modelo.

A resistência aos ataques dos membros mais competentes do paradigma, faz com que o novo fenômeno mude de categoria. Deixa de ser um quebra-cabeça e passa a ser considerado pela comunidade científica como uma anomalia. Como se a própria natureza, por uma causa desconhecida, violasse as leis do paradigma gerando assim uma crise.

Além disso, na visão khuniana, tal crise é considerada como um sentimento de mal-estar que provoca um desconforto e insegurança profissional que se reflete, diretamente, sobre o trabalho do cientista.

Neste sentido assevera Japiassu (1991):

Crises são sempre momentos difíceis. Ficamos inconformados com algum aspecto de nossas vidas. Queremos mudar, transformar o que existe. Porém a crise vem do fato de não sabermos o que fazer. Não temos clareza sobre o novo que queremos construir. Ficamos “em cima do muro”, queremos nos desvencilhar do velho, mas cheios de dúvidas quanto ao que vem a ser esse novo. Às vezes, passamos por crises que não são apenas nossas, mas de uma geração ou de toda uma sociedade. (p.16)

A simples existência de uma anomalia no sentido khuniano, não constitui necessariamente uma crise. Três aspectos devem ser considerados a fim de definir uma crise no seio de um paradigma.

O primeiro aspecto é o tempo de resistência das anomalias aos ataques dos membros mais competentes da comunidade científica na tentativa de explicá-las à luz do modelo vigente. No segundo aspecto, a anomalia é considerada agressora das bases epistemológicas do paradigma, uma vez que a comunidade científica não consegue

explicá-las a partir dos recursos que disponibiliza. Finalmente, a crise se instala quando estas anomalias estão ligadas às necessidades urgentes da sociedade.

Assim, na concepção khuniana descritiva do desenvolvimento científico, a revolução científica ocorrerá como consequência da insatisfação crescente dos membros da comunidade paradigmática, gerando com isso um clima de profunda insegurança. A resistência da(s) anomalia(s) perpetua a crise enfraquecendo os fundamentos do paradigma, culminando com tempo da revolução (mudança de paradigma).

Tal revolução está estritamente ligada ao abandono de um paradigma e a adoção de um novo. Um número considerável de cientistas dentro da comunidade abraça o novo paradigma que, uma vez acolhido e difundido, deixará poucos dissidentes. Um novo período de ciência normal estará instalado.

A incomensurabilidade paradigmática, na perspectiva khuniana, ocorrerá no período de transição entre o velho e o novo paradigma. Seus padrões científicos são de natureza diferente, suas bases fundamentais são incompatíveis e, portanto, proporcionam concepções explicativas diferentes de mundo.

Assim, tanto em Paul Feyerabend, quanto em Thomas Khun, percebe-se que a prepotência de descrever a realidade através de leis imutáveis que determinam a natureza tal como é, o que pretendeu/pretende o paradigma moderno, não é/foi historicamente possível. Tanto a iniciativa de desrespeitar as regras deterministas admitindo novas concepções (Feyerabend), quanto as resistentes anomalias (Khun), evidenciam este fato.

### 2.3. Construindo uma nova visão de ciência em Ilya Prigogine.

No sentido de estabelecer outro pilar na construção de minha nova visão de fazer ciência, é possível encontrar no pensamento de Ilya Prigogine, em sua obra “O fim das certezas”, um verdadeiro manancial de dados pertinentes nesta perspectiva.

Prigogine é belga naturalizado. Ele nasceu em Moscou em 1917. Foi professor da Universidade Livre de Bruxelas, onde terminou seu doutorado em 1941, e da Universidade do Texas nos Estados Unidos da América. Recebeu o prêmio Nobel de Química em 1977.

Assim, encontro em Prigogine (1996), o questionamento de um pilar consolidado que pressupõe a inexistência do tempo, posição esta, considerada intocável até a metade do século XX. Ao fazer tal questionamento, o autor discorre nos domínios da Química, Física, Biologia e Filosofia.

Alguns dados iniciais são necessários a fim de facilitar a compressão do pensamento prigoginiano. Dentre esses fatos, está a sua retomada do dilema de Epicuro, filósofo grego (341-270 a.C), que acreditava num movimento paralelo de átomos sem colisões, comportamento esse ocasionado por leis deterministas que regiam também o mundo visível, bem como as próprias relações humanas.

Uma questão, no entanto, trazia extremo desconforto ao modelo explicativo de Epicuro. Dado que a criatividade e o livre arbítrio existem, como exercê-los diante de um mundo regido por lei deterministas que o conduzem a movimentos regulares?

Nos moldes de Thomas Khun, para Epicuro esta foi, sem dúvida, uma anomalia que poderia ter gerado uma crise paradigmática, uma vez que agredia formalmente as bases do seu paradigma.

Epicuro, para salvar o paradigma, admite um novo elemento, imaginando o que denominou de CLINÂMEM. Seria um fenômeno de causa desconhecida e de ocorrência

eventual que abriria espaço às incertezas, e, deste modo, possibilitaria o livre arbítrio do homem.

De forma semelhante, Prigogine (1996) procura discutir questões, tais como: o homem pode exercer sua liberdade plena de escolha, se o mundo é regido por leis imutáveis e deterministas? O futuro é dado ou posso construí-lo? Existe ou não o tempo?

A fim de penetrar com mais consistência no pensamento prigoginiano, passo a introduzir alguns conceitos sobre os quais ele fundamenta sua cosmovisão.

Tais conceitos, serão apresentados e articulados na seqüência original da obra (O fim das certezas). O conjunto de conceitos e/ou argumentações em Prigogine (1996), denomino aqui de o *sétuplo temporal* e cada elemento argumentativo do conjunto denomino de *termo de incerteza*.

O primeiro *termo de incerteza* do *sétuplo temporal* prigoginiano diz respeito aos processos reversíveis e à inexistência do tempo. Para a Física (Clássica, Quântica e Relativista), argumenta Prigogine (1996), o tempo não existe.

Neste sentido, só existem na natureza processos reversíveis, ou seja, aqueles que podem voltar espontaneamente à situação inicial. São processos perfeitamente estáveis e repetitivos. Um exemplo clássico, que corresponde a esta perspectiva, é o chamado pêndulo ideal, no qual são desprezadas todas as resistências.

Processos reversíveis, na visão prigoginiana, não representam a totalidade dos fenômenos, ao contrário, dizem respeito às exceções. Para Prigogine (1996), tanto a Física Clássica, quanto a Física Quântica, propõem equações deterministas compatíveis com a inexistência do tempo.

Por um lado, na Física Clássica, por exemplo, a partir da posição e velocidade de uma partícula é possível determinar sua trajetória. Em tais circunstâncias o comportamento individual de cada partícula coincide com o comportamento do conjunto observado.

Por outro lado, na Física Quântica, por exemplo, a equação de Schrödinger (físico austríaco, que recebeu o prêmio Nobel em 1933) calcula a evolução de uma função de onda que, segundo Prigogine (1996), é uma ação similar a da física Clássica com o cálculo da trajetória.

No entanto, na visão prigoginiana, não é possível prever, a partir de leis deterministas, o comportamento de partículas em quaisquer sistemas. As equações da Física (Clássica ou Quântica) são válidas para sistemas ideais, que não correspondem à realidade do universo.

O segundo *termo* do *sétuplo prigoginiano* é complemento imediato do primeiro. Se os processos reversíveis, que pressupõem a inexistência do tempo, são ideais e não representam a complexidade do universo, então, o tempo existe e os processos do universo são na verdade irreversíveis.

Tais processos (irreversíveis) são aqueles orientados no tempo, ou seja, não podem voltar ao estado inicial espontaneamente. Quando se vê, por exemplo, uma folha caindo de uma árvore descrevendo uma trajetória até tocar o chão, a sensação de tempo está implícita em nossa mente como resultado do desenvolvimento de um processo irreversível. Por isso, o uso do termo “flecha do tempo”, na obra de Prigogine (1996), traduz a idéia de escoar para frente.

A viscosidade, a decomposição radiativa, a mistura de substâncias gasosas e a queda de objetos, são todos exemplos de processos irreversíveis que, na visão prigoginiana, não podem ser alcançados por leis deterministas. Representam a totalidade dos processos do universo e, estão em direta contraposição aos processos reversíveis (ideais) e a inexistência do tempo.

Neste sentido, Prigogine (1996) assegura que:

Nenhuma especulação, nenhum saber jamais afirmou a equivalência entre o que se faz e o que se desfaz; entre uma planta que nasce, floresce e morre, e uma planta que ressuscita, rejuvenesce e retorna para a sua semente primitiva. (p.158)

Tais palavras traduzem um certo ar de ironia. Muito embora a ciência, como comunidade que superou o senso comum, tenha estado convencida da reversibilidade e da inexistência do tempo, segundo Prigogine (1996), a própria intuição humana, ao longo da história, reprova esta tese.

Na visão prigoginiana, a interferência religiosa, com sua concepção determinista (crenças em leis naturais e absolutas), influenciou a ciência. Este fator ideológico (religioso) carregado pela ciência moderna retardou a generalização dos fenômenos naturais sob a ótica da irreversibilidade.

Além disso, outro fator relevante nesta perspectiva é o aparato matemático necessário para descrever o comportamento de um sistema irreversível, que só se tornou disponível mais recentemente.

O terceiro *termo de incerteza* trata dos conceitos de entropia, instabilidade e caos. Os resultados enunciados por este termo são surpreendentes.

Primeiramente, a entropia pode ser definida como sendo o grau de distribuição de energia dentro de um dado sistema. Quanto maior for o grau de distribuição de energia no sistema, maior será a sua entropia. O conceito de entropia está, portanto, ligado à idéia de sistema homogêneo.

Dois princípios da termodinâmica têm papel definido na concepção prigoginiana. São eles: a energia do universo é constante, e a entropia do universo cresce na direção de um máximo. Estes dois princípios viabilizam a introdução do conceito de caos, de suma importância neste contexto.

A relação entre os conceitos de entropia e de caos parece, inicialmente, inconsistente. A entropia, como foi definida a pouco, está ligada ao conceito de homogeneidade (distribuição igualitária de energia num sistema), enquanto que o conceito de caos está ligado à idéia de desordem. A aproximação dos dois conceitos implica, portanto, a idéia de algo homogêneo e em desordem.

Em um sistema heterogêneo, em que existam dois pontos de grande concentração de energia térmica, por exemplo, decorrido um certo intervalo de tempo, o sistema tenderá ao equilíbrio térmico. Atingido o equilíbrio térmico (ou aproximando-se dele), a distribuição de energia será mais homogênea e, portanto, haverá maior entropia.

Assim, a entropia ocorre através da mudança de fluxos de energia que modificam a ordem das moléculas (estado anterior do sistema). Esta modificação da ordem é denominada de caos.

Prigogine (1996), neste sentido, argumenta que se a entropia existe, então a flecha do tempo também existe e pode ser evidenciada pelos processos irreversíveis, que expressam a totalidade dos processos existentes no universo.

Aliás, no sentido prigoginiano, o próprio universo é um gigantesco sistema rumo à entropia. No que diz respeito à vida, toda forma de vida caminha para a não vida. Na entropia máxima do universo não haverá transferência de fluxos de energia, condição fundamental para a subsistência da vida.

Assim, a vida, expressão maior de auto-organização, é concebida, na visão prigoginiana, como desordem, caos e não equilíbrio.

O quarto *termo de incerteza* apresentado por Prigogine (1996) procura evidenciar como se dá o processo de irreversibilidade que conduz o universo ao ponto de entropia máxima, discutindo agora sobre as incertezas e os sistemas não integráveis de Poincaré (matemático francês falecido em 1912).

Dois conceitos são fundamentais para a discussão deste termo prigoginiano. Os sistemas integráveis e os não integráveis de Poincaré

Prigogine (1996) define o sistema integrável como aquele dotado de energia cinética, mas destituído de energia potencial. As partículas se movimentam dentro do sistema, no entanto não exercem influência umas sobre as outras. São sistemas de comportamento estáveis “determinados” pelas leis da Física. Na realidade, na visão prigoginiana, não existem sistemas dinâmicos reais que tenham tal comportamento.

Já os sistemas não-integráveis, comuns na natureza, são sistemas nos quais as partículas possuem não só a energia cinética, como também a energia potencial criada na interação entre elas. Tais interações provocam nas partículas do sistema um comportamento incerto, aleatório, não sendo possível ser descrito pelas leis deterministas da Física.

Assim, a irreversibilidade prigoginiana só ganha sentido quando se consideram partículas contidas num sistema onde há interações frequentes, num ambiente de incertezas, que traduzem com mais fidelidade a realidade do universo.

Nesta ótica Prigogine (1996) assegura que :

Nosso mundo é flutuante, ruidoso, caótico, mais próximo daquele que os atomistas gregos imaginaram. O *Clinâmem*, que fora introduzido para resolver o problema de Epicuro, não é mais um elemento estranho, mais sim a expressão da instabilidade dinâmica. (p.134)

O quinto *termo de incerteza* trata do comportamento estatístico do universo. O futuro é incerto, mas tem comportamento estatístico regular, por isso, em Prigogine (1996), incerteza difere de ausência de previsibilidade, que é definida como caos. Neste sentido, a proposta prigoginiana é um “caminho estreito”, uma via estatística entre o acaso e o determinismo.

O sexto *termo* trata de uma proposta da reformulação da Física. Tal reformulação não coloca mais as leis da natureza sob a guarda inviolável das certezas traduzidas por leis deterministas. A física avança na perspectiva das possibilidades (aproximações), admitindo a existência do tempo, bem como o caminhar do universo (mega-sistema não integrável), rumo à entropia máxima.

O sétimo *termo de incerteza*, que completa o *sétuplo temporal prigoginiano*, fala sobre o método. Não há sombra de dúvida que os dados fundamentais que levaram Prigogine (1996) a fazer conclusões sobre o aumento de entropia e sobre a incerteza do comportamento onda-partícula foram obtidos a partir dos métodos indutivo/dedutivo amplamente utilizados pela Ciência Moderna.

Na proposição de uma nova coerência científica, encontro nas proposições prigoginianas traços de um novo Clinâmem. O homem, diante de sua liberdade e criatividade, pode reconhecer o mundo como um sistema complexo, constituído por processos interativos e irreversíveis. Tais processos se revelam pela percepção do tempo como uma flecha que se desloca para frente ininterruptamente. A instabilidade das interações, desperta as incertezas que tornam o futuro construtível e não dado.

#### **2.4. Construindo uma nova visão de ciência: Transdisciplinaridade e Interação**

Buscando construir uma nova forma de fazer ciência, procurei subsídios teóricos nas proposições de Feyrabend, Khun e Prigogine. Cada um deles trouxe, neste sentido, uma significativa contribuição na formatação desse meu novo olhar.

Utilizaremos como unidade padrão de aproximação das proposições conceituais de ciência apresentados aqui, o princípio transdisciplinar descrito no 14º artigo da CARTA

DA TRANSDISCIPLINARIDADE, discutida no capítulo I (vide página 38), ao qual denominei de homotetia transdisciplinar.

Tal princípio estabelece, em síntese, a *interação* entre a atitude de rigor, que elimina as distorções conceituais a partir de uma atitude epistemológica auto-reflexiva; a tolerância, que possibilita a convivência com verdades contrárias e, finalmente, a atitude de abertura, que viabiliza a criação de espaço para novas concepções.

Neste sentido, quando o princípio homotético é tomado como padrão de aproximação, o afastamento de distorções conceituais é uma projeção conseqüente da atitude de rigor, assim como a possibilidade do novo é conseqüência de uma atitude de racionalidade aberta, como também o convívio com verdades contrárias é decorrente de uma postura de tolerância.

Sendo assim, num primeiro momento, darei ênfase aos vértices do primeiro triângulo da analogia transdisciplinar: *o rigor, a abertura e a tolerância* (vide página 39). Posteriormente, identificarei o que entendo ser *o princípio unificador semântico operativo* (artigo 4) nas obras dos autores em foco e, finalmente, apropriando-me deste instrumento transdisciplinar, tentarei mostrar sua pertinência e adequação para estudar a construção de conhecimentos em uma atividade típica do laboratório de Educação Matemática, cenário fértil para a propagação *das interações verbais*.

Nesta perspectiva, Paul Feyerabend, evidencia o primeiro vértice da *homotetia transdisciplinar* (rigor-distorção), na medida em que propõe a contra-indução. Esta proposição traduz sobretudo um pluralismo metodológico.

O anarquismo Feyerabendiano é, antes de tudo, a expressão do seu rigor metodológico e não uma rebeldia insana em defesa da desordem. É um olhar transdisciplinar que se reveste de uma considerável dose de imunidade contra as distorções conceptuais e metodológicas.

O Contra-Método é uma expressão da racionalidade aberta (segundo vértice homotético) que rompe definitivamente com a ciência dogmática, abrindo a possibilidade de conceber o novo. É a proposição da construção de conhecimento num processo dialético, que constrói soluções provisórias na interação com diversos domínios .

O convite que Feyerabend lança aos especialistas, profissionais e amantes da verdade é uma declaração do seu olhar transdisciplinar de tolerância que permite o diálogo com outras “verdades” (terceiro vértice homotético) e que acredita, definitivamente, no poder das interações.

Já a proposição de Thomas Kuhn (2000) é uma rigorosa descrição do processo pelo qual a ciência evolui (incluindo avanços e retrocessos) através da história.

Tal processo inicia com o domínio da ciência normal (período de estabilidade paradigmática), no qual ocorre um uso confiante de um método eficiente (aquele vigente no paradigma). Em seguida surgem anomalias (fenômenos não explicados pelo modelo), que são enfrentadas pela comunidade científica na tentativa de explicá-las. Usando o paradigma, os cientistas podem não conseguir explicar os fatos anômalos (resistência anômala) o que pode levar a uma crise paradigmática, culminando numa revolução científica, isto é, no surgimento de um novo paradigma (membros da comunidade aderindo ao novo paradigma). Depois de um período de transição (incomensurabilidade paradigmática), o ciclo se completa com um novo período de ciência normal (novo período de estabilidade paradigmática).

Do ponto de vista da Ciência Moderna o crescimento científico é contínuo e cumulativo. Os métodos indutivo e dedutivo garantem o desenvolvimento linear do saber científico. Segundo Kuhn (2000), isto seria verdade, se não fosse pela subjetividade das interferências do paradigma governante influenciado a partir de um contexto histórico.

Neste sentido, encontra-se em Khun (2000) traços de um olhar transdisciplinar aberto ao novo. A formulação de novos conceitos, as descobertas de novas relações entre eles, bem como o refinamento de velhas abordagens só serão possíveis se forem admitidas interferências das anomalias no paradigma vigente. Isto equivale dizer que para Khun, a neutralidade de investigação (exatidão atribuída aos resultados) de qualquer modelo é mera falácia.

Em desdobramentos da teoria das revoluções científicas de Thomas Khun, Zylbersztajn (1991) propõe um método para o ensino de ciências que bem poderia ser identificado como uma tradução do olhar transdisciplinar de tolerância khuniano.

Tal modelo de ensino pressupõe um processo de mudança conceitual a partir do convívio inicial das concepções alternativas dos alunos (carga cotidiana) com aquelas que serão aprendidas (posteriormente), em geral contraditórias às primeiras.

Um ponto crucial na discussão sobre modelos de aprendizagem fundamentados na concepção de mudança conceitual é a visão de que a mudança conceitual pressupõe, implícita ou explicitamente, que as idéias cotidianas prévias dos alunos sejam abandonadas e/ou substituídas por outras (conhecimento escolar) no processo de ensino.

Esta visão, no entanto, não é consensual. Mortimer (2000), por exemplo, considera que:

...há vários autores que admitem explicitamente a possibilidade de que as idéias prévias dos alunos possam sobreviver ao processo de ensino-aprendizagem, e essa é uma tendência que vem crescendo nos estudos de mudança conceitual. Solomon, por exemplo, afirma que “não há meios para se extinguir as noções cotidianas” (SOLOMON, 1993, p.49-50). Por outro lado, CHI (1991) mostra a possibilidade da coexistência de dois sentidos para o mesmo conceito, os quais são acessados em contexto apropriados. (p.65)

Nesta perspectiva de construção de conhecimento, os alunos, a partir do confronto de modelos explicativos (tolerância de verdades supostamente contrárias - cotidiano e científico), alargam seus horizontes conceituais, e, conseqüentemente, as suas visões de mundo.

É possível identificar aspectos marcantes do olhar transdisciplinar traduzido pela **CARTA DE TRANSDISCIPLINARIDADE** com os pressupostos teóricos de Ilya Prigogine.

Suas proposições acerca da existência da flecha do tempo, ao considerar o universo como um gigantesco sistema constituído de processos irreversíveis, são fundadas sob o rigor criterioso da indução/dedução.

O alargamento do espaço amostral (rigor transdisciplinar), é evidente no pensamento prigoginiano quando, por exemplo, ao considerar o problema da simetria temporal, navega com extrema facilidade por vários domínios do conhecimento humano. Assim, os seus argumentos são construídos a partir tanto da História, da Filosofia, da Física, da Matemática, quanto da Química, em cujo domínio particular teve o reconhecimento da comunidade científica, ganhando o prêmio Nobel de Química, em 1975.

A racionalidade aberta transdisciplinar toma uma dimensão extremamente significativa em Prigogine na medida em que ele assume uma concepção oposta àquela estabelecida pelo paradigma moderno (inexistência do tempo). Sua atitude de abertura ao novo concretiza-se ao propor uma reformulação nas leis da Física (sétimo termo de incerteza prigoginiano).

Sua proposição de reformulação é, na verdade, uma ampliação das leis deterministas tanto da Física Clássica quanto da Física Quântica. A partir da percepção dos limites de tais leis, Prigogine sugere, para o bem do desenvolvimento científico, um

caminho estreito entre o acaso e a certeza proporcionada por leis deterministas da ciência moderna.

As incertezas prigoginianas declaram sua perspectiva transdisciplinar de abertura. Diferente do acaso – ausência de qualquer previsibilidade - o futuro em Prigogine é incerto, mas previsível por leis estatísticas, pois admite comportamento regular. Prigogine está aberto ao novo, porque considera o futuro em construção e não dado como a modernidade sustentou (e continua sustentando) durante tanto tempo.

Finalmente, temos no pensamento prigoginiano traços evidentes de sua tolerância transdisciplinar. Tais evidências podem ser descritas quando Prigogine considera os motivos que levaram a ciência moderna a passar tanto tempo aprisionada pelo modelo de reversibilidade, considerando o tempo inexistente.

A tolerância transdisciplinar em Prigogine, emerge assim, pelo fato dele considerar alienante a postura da ciência moderna. Tanto no sentido epistemológico, com a fragmentação da relação sujeito – objeto e a suposição de neutralidade (descrição pura do real), quanto na continuidade do pensamento religioso, influenciando a ciência com suas crenças em leis absolutas e inabaláveis.

A intolerância da ciência moderna em conviver com verdades contrárias fez com que, no afã de encontrar a verdade absoluta, caísse nas armadilhas da neutralidade (negando a subjetividade humana) e do determinismo (descrevendo a realidade com leis imutáveis).

Mesmo que o arsenal matemático-estatístico, tão necessário para descrever o universo como sistema irreversível, estivesse disponível há muito tempo, o aprisionamento epistemológico-ideológico impedia a ciência moderna de reconhecer seu erro.

A tolerância transdisciplinar prigoginiana permitiu o encontro de resultados mais gerais a partir da indução/dedução, ferramentas mestras do pensamento moderno. Neste

sentido, o pensamento prigoginiano evidencia que a natureza se revela cada vez mais próxima da compreensão humana, na medida em que o homem (re)significa o uso de ferramentas para interpretá-la.

Na construção de minha nova visão de fazer ciências encontro em Paul Feyerabend, Thomas Khun e Ilya Prigogine um verdadeiro manancial de informações extremamente conectadas entre si a partir de um olhar fundamentado no *princípio da homotetia transdisciplinar*.

Para que a analogia transdisciplinar fique estabelecida preciso identificar o princípio de *unificação semântica operativa*, que na analogia proposta (capítulo I, página 39), constitui *o centro de homotetia*. Tal princípio, consiste na palavra chave identificada como elo permanente de ligação (unificação) entre os pensamentos de Feyerabend, Khun e Prigogine para a construção de uma nova ciência.

Assim, o princípio de *unificação semântica operativa transdisciplinar* para a construção de uma nova ordem científica é a “*interação*”. Em Feyerabend denominei o *princípio de unificação de interação metodológica*, em Khun de *interação histórica* e, em Prigogine de *interação sistêmica*.

A *interação metodológica em Feyerabend* pode ser apontada em função de sua proposta contra-indutiva. Seu pluralismo metodológico (anarquismo) deixa muito evidente que, na sua visão de fazer ciência, a interação entre as diversas perspectivas conceituais, inclusive àquelas contraditórias, *a priori* deveriam ser consideradas como possibilidades.

Em sua formação eclética nos domínios da Física, Filosofia, Teatro e Música, Feyerabend acreditava que realmente era possível desenvolver uma produção acadêmica numa dimensão em que a razão e a emoção pudessem coexistir. Acreditava em uma ciência nova, produzida na interação entre a razão e a emoção, duas perspectivas normalmente consideradas opostas e sem conexão.

A interação histórica khuniana está fundada no próprio modelo de revolução científica que ele apresentou. Um dos méritos atribuídos a Khun, é o brilhantismo com que ele descreveu, a partir de uma visão histórica, a estrutura de uma revolução científica.

Tal visão descritiva consiste na interação dinâmica de um olhar trans-histórico, ou seja, que considera os diversos contextos nos quais o conhecimento científico foi produzido pelo homem ao longo de sua história, sob a ótica de um paradigma.

O próprio conceito de paradigma Khuniano traduz uma expectativa de interação. Numa das diversas abordagens que podem ser feitas ao significado de paradigma, há uma que estabelece que a solução de um problema num certo domínio da ciência é, freqüentemente, utilizada por outros domínios como modelo de solução.

O trânsito de soluções dentro do paradigma é na verdade também um processo de interação. Os membros da comunidade científica, neste sentido, (re)significam resultados (re)adaptando-os aos diversos domínios do saber paradigmático, num processo de retro-alimentação e sustentação do próprio paradigma.

Já em Prigogine, é possível identificar uma interação sistêmica. Tal designação se justifica na base do argumento prigoginiano para um fim das certezas (rompimento com as leis deterministas), que é a sua compreensão sobre os sistemas dinâmicos (forma de compreender o funcionamento do universo). Assim, o modelo prigoginiano propõe dois tipos de sistemas dinâmicos. Os sistemas com interações transitórias e os sistemas com interações persistentes.

Por um lado, quando o sistema é restrito a algumas partículas, suas interações são transitórias e não se propagam dentro do sistema, possuindo uma duração extremamente limitada. Por outro lado, nos sistemas que possuem ilimitadas partículas, há uma propagação permanente das interações partícula-partícula, gerando cadeias de interações contínuas, que provocam movimentos incertos, indescritíveis pelas leis deterministas.

A incerteza prigoginiana está fundada, portanto, na convicção de que os sistemas que descrevem com maior aproximação a realidade do universo são os sistemas dinâmicos de interações persistentes. Tais sistemas descrevem o pluralismo e a complexidade do universo a caminho da entropia máxima.

Em resumo, as minhas inquietações profissionais e o meu envolvimento com o laboratório de Educação Matemática em busca de mudanças, encontram respostas pertinentes nos traços fundamentais da pós-modernidade traduzidos neste capítulo pela analogia, que denominei *princípio homotético transdisciplinar*, cuja característica fundamental é a *interação*.

Tal princípio estabelece, em síntese, a interação entre a atitude de *rigor*, que elimina as distorções conceituais a partir de uma postura epistemológica auto-reflexiva, a *tolerância* que possibilita a convivência com verdades contrárias e, finalmente, a atitude de *abertura* que viabiliza a criação de espaço para novas concepções.

Tais relações seriam colocadas, então, sob o olhar da unificação semântica operativa, cerne da visão transdisciplinar (vide artigo 4, página 35), o qual identifico como sendo a *interação – metodológica em Feyerabend, histórica em Khun e sistêmica em Prigogine*.

Neste sentido, os traços de minha nova visão de fazer ciência exigem a construção do conhecimento a partir da dilatação máxima do espaço amostral (o rigor), a proposição de novas concepções (a abertura) e a necessidade do convívio mais tolerante com as “verdades provisórias” inerentes ao desenvolvimento da ciência (a tolerância), atitudes estas que traduzem uma perspectiva transdisciplinar de fazer ciência.

Finalmente, neste ponto, reitero a convicção de que as minhas inquietações que me levaram a interagir com meus pares, tanto quanto o meu envolvimento com o laboratório

de Educação Matemática , encontram subsídios teóricos na visão pós-moderna de ciência em duas perspectivas.

Primeiramente, por encontrar na tríade (rigor, abertura, tolerância) os critérios norteadores da transdisciplinaridade para a revisão de minha prática docente e, em segundo lugar, por identificar na “*interação*” entre diversos olhares o centro da homotetia transdisciplinar, um caminho para a construção de verdades que alcançam aproximações menos distorcidas da realidade.

Além disso, o estudo da construção de conhecimento em uma atividade específica de ensino, objeto desta pesquisa, exige a aproximação de saberes distintos. Neste sentido, a leitura de Santos (2002) foi fundamental para a consolidação da minha visão de fazer ciência a partir da *interação de saberes*, fator determinante para a construção do aporte teórico-metodológico sob a ótica da psicologia Histórico-Cultural, com o qual procuro responder a questão principal desta pesquisa.(vide p.32)

## **2.5. Consolidando uma nova visão de Ciência: a interação entre saberes.**

Boaventura Santos, cientista social nascido em 15 de novembro de 1940, em Coimbra, Portugal, é professor titular na faculdade de Economia da Universidade de Coimbra, onde ministra diversas disciplinas, é presidente da Unidade de Investigação do Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra e autor de uma vasta obra, dentre as quais encontra-se “Introdução a uma Ciência Pós-Moderna”, cujo conteúdo será tomado aqui para consolidar a minha visão de uma nova ordem científica.

Hühe (1987) argumenta que a objetividade da ciência moderna se perverte em objetivismo, na medida em que transforma a representação, que é o conhecimento aproximado, em pura realidade. Galileu, neste sentido, foi um gênio descobridor e ao mesmo tempo encobridor, que criou a física-matemática e trouxe grandes avanços às ciências posteriores mas, por outro lado, encobriu as origens do conhecimento científico.

A ciência é antes uma construção humana e não deve ser transformada em natureza verdadeira. É necessário humanizar a ciência.

A civilização humana vive hoje numa perfeita encruzilhada. As promessas de controle da natureza por leis deterministas e de melhorais de condições de vida para a humanidade não foram cumpridas pela modernidade.

Nas palavras de Sader (2000), ao referir-se ao século XX, há uma grande contradição factual:

O século mais assassino que temos registro, tanto na escola, na frequência e na extensão da guerra (...) como também pelo volume único de catástrofes humanas que produziu, desde as maiores fomes da história até o genocídio sistemático. (p.119)

Atualmente, a desconfiança epistemológica está instalada. Existe um clima de profunda instabilidade e complexidade permeando toda ação humana, fator típico de um momento histórico de transição paradigmática.

A falta de respostas do modelo de ciência moderna para muitas das questões contemporâneas o colocam em posição de declínio iminente.

Minhas inquietações em sala de aula, descritas no capítulo I, considero que sejam comuns a tantos outros educadores, cabem num grupo de várias outras questões, que a modernidade não consegue mais responder satisfatoriamente.

O espaço amostral destas questões é imenso, pois elas estão ligadas a todas as áreas da atividade humana. Nas palavras de Santos (1989):

A época em que vivemos deve ser considerada uma época de transição entre o paradigma da ciência moderna e um novo paradigma, de cuja emergência vão se acumulando os sinais, e que, na falta de melhor designação chamo ciência pós-moderna. (p.11)

Em sua análise da falência da modernidade, Santos (2002) descreve algumas características que marcaram a identidade desse paradigma e, posteriormente, apresenta teses em defesa do que pressupõe ser a pós-modernidade.

A prepotência da ciência moderna vai além, dogmatizando-a como a única forma de conhecimento verdadeiro, considerando todas as outras formas de conhecimento como irracionais e estabelecendo-se soberana, sustentada por princípios e métodos próprios de aferição da verdade.

Traída pela sua suposta neutralidade as próprias descobertas da ciência moderna minaram suas bases aparentemente “tão sólidas”. Santos (2002) aponta quatro condições teóricas que evidenciam o declínio da ciência moderna: a teoria da relatividade e simultaneidade de Einstein; a teoria quântica; a teoria da incompatibilidade; e, finalmente os grandes avanços na área da microfísica, química e biologia.

Estas teorias colocam em xeque a prepotência da ciência moderna. Santos (2002) argumenta que a própria filosofia da matemática admite limitações em sua linguagem, aceita como perfeita, inquestionável, descritiva da realidade natural.

Santos (2002) propõe quatro teses como sendo os fundamentos de uma nova ciência, a ciência pós-moderna. São elas: *Todo conhecimento científico-social é científico-*

*natural; todo conhecimento é local e total; todo conhecimento é auto-conhecimento; e, finalmente, todo conhecimento científico visa a constituir-se em senso comum.*

Estas teses são elaboradas a partir de reflexões das ciências sociais, por uma hermenêutica que pretende estabelecer um diálogo entre sujeito e objeto, no sentido de minimizar a estranheza do discurso científico em relação ao senso comum, ao discurso estético e ao religioso.

Em sua primeira tese, Santos (2002) argumenta que não tem mais sentido a dicotomia ciências naturais-ciências sociais. A reconfiguração trazida pelos conceitos de auto-organização, auto-reprodução e o conhecimento do próprio metabolismo dos seres vivos permitem, no paradigma emergente, a introdução nas ciências naturais de conceitos antes harmônicos apenas com as ciências sociais, como por exemplo, a historicidade e a liberdade.

Esta visão é compartilhada por Boff (1998), quando diz:

A natureza e o universo não constituem simplesmente um conjunto dos objetos existentes, como pensava a ciência moderna. Constituem sim uma teia de relações, em constante interação, como os vê a ciência contemporânea. Os seres que a integram deixam de ser apenas objetos. Eles se fazem sujeitos relacionados e interconectados, formando um complexo sistema de intro-retro-relações. O universo é, pois, o conjunto de relações dos sujeitos. As dualidades antes referidas são dimensões da mesma realidade complexa. Formam uma dualidade, mas não um dualismo. (p.74)

A segunda tese se contrapõe à especialização determinada pelo rigor seletivo de identificação dos objetos ditados pela modernidade que produziu uma visão fragmentada do conhecimento. O próprio cientista torna-se um ignorante especializado. Assim, para Santos (2002), o conhecimento total é ao mesmo tempo local, acarretando com isso uma pluralidade metodológica que é proporcional à diversidade lingüística das complexas

relações da realidade. Neste sentido, a humanidade é plural e singular em sua complexidade.

A terceira tese realimenta a anterior na medida em que estabelece uma identificação plena entre o conhecimento e o autoconhecimento. Se, por um lado, a modernidade consagrou o homem como sujeito epistêmico, dicotomizando a relação sujeito-objeto, a pós-modernidade, por assim dizer, aponta para uma profunda aproximação, transformando o dualismo puro da ciência moderna em dualidade. Esta é, evidentemente, uma ruptura brutal com um pilar consolidado pela modernidade, agora trincado, extremamente comprometido e na iminência de cair. Um sujeito com vestes de objeto rompe definitivamente com a objetividade e neutralidade do modelo científico moderno.

Por fim, Santos (2002), reafirma a ruptura irreversível com a modernidade quando contraria o entendimento da racionalidade do conhecimento, afirmando que nenhum conhecimento é, em si mesmo, racional.

A pós-modernidade pretende, assim, manter um canal aberto de diálogo com todas as formas de saber, deixando-se penetrar por todas elas, trazendo um novo significado para o senso comum. O senso comum que é, sem dúvida, pragmático, interdisciplinar, imetódico e que, por sua natureza, está em constante reprodução no dia a dia do homem foi sempre repudiado pela ciência moderna.

Desta forma, na leitura pós-moderna, o conhecimento científico só se realiza na medida em que se converte em senso comum. Na verdade, o que está posto através destas teses, é uma ruptura dupla quando pensamos em senso comum e ciência. De um lado, a ciência moderna rompe com o senso comum em nome da racionalidade, gerando a dicotomia ciência e senso comum. Por outro lado, Boaventura Santos vê a necessidade de uma segunda ruptura, propondo que a prática do senso comum seja esclarecida e que a sabedoria do conhecimento científico seja democraticamente distribuída.

Toda transformação, segundo o pensamento de Santos (2002), deverá ser orientada para promover uma comensurabilidade entre o discurso erudito e o senso comum, no sentido de reconhecer a influência da realidade sobre a prática científica, e, portanto, estabelecer uma equidade entre o poder de adaptação do homem e o poder criativo em face das exigências do capital.

A consolidação de uma nova concepção de ciência em Santos (2002) pressupõe, portanto, o trânsito de conceitos entre saberes distintos, a eliminação de dicotomias e da fragmentação dos saberes e evidencia inter-conexões existentes na realidade complexa. Assim, a realidade se revela menos distorcida quando submetida a uma metodologia plural, que não considera a subjetividade do sujeito epistêmico como impossibilidade para o conhecimento, mas, sobretudo, o caminho para uma construção aberta a partir da interação entre saberes, que expressam diversos olhares.

## **2.6. Implicações sobre a Educação Matemática**

Diante das teses de Boaventura Santos, que evidenciam as marcas de uma nova ordem, uma questão emerge como consequência desse contexto de transição paradigmática: Quais as implicações da visão pós-moderna no domínio da Educação, sobretudo da Educação Matemática ?

A resposta para esta questão, muito embora extremamente complexa, merece uma atenção especial, por duas razões. Primeiramente, porque reflete as expectativas de todo levantamento teórico realizado até aqui e, em segundo lugar, porque possibilita a introdução de aproximações entre Educação Matemática e a Psicologia, que constitui aporte fundamental para a presente pesquisa.

A busca humana volta ao passado à procura de alternativas, reformulações, ampliações e negações que assegurem um futuro a partir de um presente caótico. Vivemos dias de profunda expectativa nos quais emergem a necessidade de um novo olhar para a ciência do homem e para o homem da ciência. A visão fragmentada perde espaço para uma visão mais ampla.

O homem precisa ser visto na sua totalidade moral, ética, emocional, biológica, social, política ... como construtor responsável de sua história.

Moisés (1997), neste sentido assegura:

Paradigmas contestados, certezas abaladas, verdades desacreditadas. São momentos difíceis estes por que passam a ciência neste final de século. A área do conhecimento construída com a última participação dos saberes científicos, a educação, vê refletidos em seu interior cada tremor e cada abalo nos campos que lhes são afins. No entanto, mais do que uma crise na educação - incontestável - vivemos uma crise de valores aguda e dolorosa.(p. 7)

Na visão de Moisés (1997), a cada dia fica mais evidente a convicção de que a educação é um dos componentes indispensáveis nos processos de desenvolvimento das nações. A economia moderna exige um saber ágil, criatividade, atitude crítica, capacidade de seleção e o processamento de grande quantidade de informações. Tais exigências emergentes já não são compatíveis com os moldes da educação vigente.

Neste sentido, é imprescindível que a educação praticada oportunize o desenvolvimento das capacidades cognitivas e afetivas, a fim de possibilitar ao cidadão lidar, de modo produtivo, com as inúmeras informações provenientes do ambiente à sua volta.

Segundo Coll (1996), “educação designa o conjunto de atividades mediante o qual um grupo assegura que os seus membros adquiram a experiência social historicamente acumulada e culturalmente organizada” (p.42).

A revalorização da figura humana, sugerida pelos pressupostos da pós-modernidade, envolve necessariamente a qualificação da educação que lhe é oferecida,

Moisés (1997) pondera neste aspecto, considerando que:

Oferecemos à grande maioria dos alunos que freqüentam nossas escolas, uma educação de má qualidade. São inúmeros e complexos os fatores que concorrem para isso. Encontram-se tanto no seu interior quanto fora dela. Configura-se um elenco de questões que variam das mais restritas e localizadas, como as que fazem parte do cotidiano da escola e da sala de aula, às mais amplas, como as macroestruturais. Ensaiam-se soluções das mais diferentes frentes de atuação. Grande parte delas geradas no interior da própria escola. Outras chegam até ela vindo de providências do Estado: reciclagem de professores, legislação que determina a promoção automática do aluno, aumento de carga horária etc. Algumas há, mais radicais que apontam para a necessidade de se rever o próprio sistema, sua estruturação, a organização curricular.(p.18)

As implicações da visão pós-moderna sobre a educação são evidentes. Dois aspectos são interessantes na fala de Moisés (1997). Por um lado, dado o caos estabelecido, as soluções são propostas por diversas frentes de atuação, revelando uma percepção generalizada que angustia, incomoda e inquieta a todos. Por outro lado, muitas das soluções apresentadas são oriundas do próprio interior da escola.

A marca da pós-modernidade sobre a educação, neste sentido, também pode ser vista a partir da aceitabilidade de vários olhares propondo soluções (pluralidade metodológica de Feyrabend), bem como a autocrítica (rigor transdisciplinar) quando a própria escola (sujeito e objeto), parte integrante da problemática, propõe soluções.

Assim, é possível encontrar, na essência do discurso pós-moderno, a tendência de construção de uma solução conjunta, compartilhada, construída na interação entre os pares, sobretudo, daquelas soluções arquitetadas no interior da escola, tendo os professores como participantes ativos.

A Educação Matemática, campo epistemológico que ainda está construindo sua identidade, traz em suas bases as marcas das inquietações de tantos profissionais espalhados pelo mundo todo, que sentem, diariamente, a rejeição dos alunos a uma prática pedagógica vazia, fundada na memorização e reprodução mecânica de conteúdos.

Segundo Kilpatrick (1996), o próprio termo “Educação Matemática” não é unanimemente aceito em todos os países. Em alguns países, o termo preferido é “didática da matemática”, freqüentemente contrastado com uma pedagogia mais geral. Na Alemanha, o termo usado é “*Mathematikdidaktik*”, referindo-se à Educação Matemática como um campo acadêmico. Já os americanos, usam o termo “*Mathematics Education*” tanto se referindo à atividade propriamente dita (desenvolvida em sala), quanto à área de conhecimento.

Em sua gênese, a Educação Matemática guarda sobretudo o desejo de romper com os padrões mecanicistas de ensino, tornando o ensino da Matemática significativo para os aprendizes. A Educação Matemática, seja como campo acadêmico, seja como proposição de atividade de ensino, seja como didática, já nasce refletindo os efeitos do pensamento pós-moderno.

Tal reflexão da Educação Matemática é evidenciada pela tentativa de responder duas questões inquietantes: Como ensinar? e Como as crianças aprendem?

Neste sentido, Kilpatrick (1996) relata que:

Os educadores matemáticos no início, eram matemáticos que se preocupavam em como sua matéria estava sendo ensinada. Ocasionalmente, eles faziam pesquisas, mas, mais frequentemente, eles ensinavam e escreviam métodos de ensino da matemática. Enquanto a Psicologia estava se tornando a “ciência mestra” da escola, os estudantes universitários se preparavam para ensinar estudando como as crianças aprendiam. Matemática e Psicologia tornaram-se as disciplinas embrionárias, dando suporte ao novo campo da Educação Matemática; posteriormente, elas se uniram a outras disciplinas como a antropologia, sociologia, Epistemologia, Ciência Cognitiva, Semiótica e Economia. (p.111)

Esta citação apresenta os traços fundamentais do fazer Educação Matemática em seus primórdios. Traços condizentes com a visão pós-moderna e que permanecem sendo cultivados até hoje por muitos profissionais

A questão: *como ensinar?* gerou uma série de reflexões e atitudes que culminaram com a elaboração de um corpo estrutural, sob o qual a Educação Matemática tem constituído sua identidade. Faz parte desta identidade: a pesquisa mergulhada na prática, a parceria com a psicologia, com a finalidade de responder a questão: *Como as crianças aprendem?*, bem como com outros domínios de conhecimentos, evidenciando, assim, uma concepção de educação mais abrangente, que expressa com mais fidelidade à complexidade humana e do ato-processo de ensino-aprendizagem.

A importância da parceria com a Psicologia também é ressaltada por Davis (1993):

Quanto mais informações os educadores tiverem sobre os processos de aprendizagem dos conteúdos escolares, maiores serão as possibilidades de melhoria das práticas pedagógicas. Compreende-se, assim, a relevância teórica dos estudos psicológicos para a área da educação e a necessidade de se efetivar maior intercâmbio entre psicologia e pedagogia, à medida que aumentam os problemas que a escola tem que enfrentar. (p. 11)

A parceria com a Psicologia é inevitável tanto pela necessidade da Educação Matemática em responder ao “*como ensinar?*”, no sentido de produzir metodologias alternativas de ensino, quanto pelo acúmulo significativo de informações resultantes de diversas pesquisas psicológicas na área da cognição humana, que trazem respostas para uma outra questão extremamente relevante “*como as crianças aprendem?*”.

Além disso, Coll (1996) argumenta:

Com efeito, as informações proporcionadas pela análise psicológica são úteis para selecionar objetivos e conteúdos, para estabelecer seqüências de aprendizagem que proporcionam ao máximo assimilação significativa dos conteúdos (...) para tomar decisões com respeito a maneira de ensinar e, naturalmente, para avaliar se foram atingidos os aprendizados prescritos na extensão e profundidade desejadas (p.49).

Muito embora a parceria entre Educação Matemática e Psicologia seja extremamente frutífera, não é, definitivamente, uma aproximação trivial. A questão das contribuições da Psicologia à educação escolar, assegura Coll (1996), é muito complexa e não deve ser tratada com superficialidade. A própria Psicologia da Educação, acrescenta o autor, não possui um marco teórico unificado e coerente que permita dar conta dos múltiplos e complexos aspectos implicados nos processos de crescimento pessoal, bem como da influência exercida sobre eles pelas atividades educativas escolares. Além disso, o autor considera que:

Ainda não dispomos de uma teoria compreensiva da instrução com base empírica e teórica suficiente para ser utilizada como fonte única de informação. Temos porém múltiplos dados e teorias que proporcionam informações parciais pertinentes. O problema reside em que freqüentemente esses aportes não são fáceis de integrar, pois correspondem a concepções diferentes do funcionamento psicológico. (p.50)

A dificuldade de aproximação entre Educação Matemática e Psicologia não deve servir de alibi para a adoção do que Coll (1996) chama de “ecletismo fácil”, no qual podem ser ajustadas concepções pedagógicas contraditórias, nem do “excessivo purismo”, que adota um único olhar sem levar em consideração as contribuições substantivas e pertinentes da pesquisa psicológica contemporânea.

Todo esse processo de aproximação reflete um contexto de mudanças em busca de um olhar mais amplo que, paulatinamente, contribui para a construção da identidade da Educação Matemática. Uma identidade que, influenciada pela visão pós-moderna, busca sobretudo as contribuições que estabelecem princípios não-contraditórios.

Coll (1996) estabelece uma seleção de princípios básicos consagrados pela comunidade científica (não-contraditórios) que podem evidenciar, numa certa dimensão, o valor das contribuições dos estudos em Psicologia para melhor compreensão do enigma que envolve o processo ensino-aprendizagem.

São treze os princípios enunciados por Coll(1996), três dos quais possuem uma relação bastante estreita com o problema central da presente pesquisa. Neste sentido, serão tratados separadamente.

O primeiro princípio diz que as influências das experiências educativas sobre o desenvolvimento do aluno estão fortemente condicionadas pelo seu nível de desenvolvimento operatório. Assevera Coll (1996):

A Psicologia Genética tem estudado este desenvolvimento (cf. Piaget e Inhelder, 1969; Delval, 1993; Coll e Gillieron, 1985) e ressaltou a existência de etapas que, com pequenas flutuações nas margens de idade, são relativamente universais em sua ordem de aparecimento. A cada um dos grandes estágios de desenvolvimento (sensório-motor: 0 – 2 anos aproximadamente; intuitivo ou pré-operatório: 2 –6/7 anos aproximadamente; operatório concreto: 7 –10/11 anos aproximadamente; operatório formal: 11;14;15 anos aproximadamente) correspondente a uma forma de organização mental, uma estrutura intelectual, que se traduz em algumas possibilidades de raciocínio e aprendizagem a partir da experiência.(p.52)

O segundo princípio traduz uma diferença entre o que o aluno é capaz de fazer e de aprender sozinho (síntese do seu nível operatório com as experiências prévias), e o que é capaz de fazer ou aprender com a ajuda e participação de outras pessoas, observando-as, imitando-as, seguindo suas orientações em colaboração contínua. Tal diferença delimita a margem de incidência da ação educativa.

Finalmente, o terceiro princípio trata sobre a *aprendizagem significativa*, um dos pontos centrais dentre as preocupações da Educação Matemática. Nos moldes de Coll (1996), tal aprendizagem deve levar em consideração o material de aprendizagem e os conhecimentos prévios dos alunos, uma vez que, para o autor:

Se o novo material de aprendizagem se relacionar de forma substantiva e não arbitrária com que o aluno já sabe, isto é, se for assimilado à sua estrutura cognoscitiva, estaremos diante de uma aprendizagem significativa, se, ao contrário, o aluno se limitar a memorizá-lo sem estabelecer relação com seus conhecimentos prévios, estaremos diante de um aprendizagem repetitiva, memorística ou mecânica. (p.54)

Quanto mais significativo for o processo de aprendizagem, maior será a repercussão da aprendizagem escolar sobre o desenvolvimento pessoal do aluno. E, nesta perspectiva, as aprendizagens prévias desempenham um papel extremamente vital.

Em síntese, a educação como campo da ação humana se vê implicada pelo paradigma pós-moderno. A (re)valorização da figura humana pressupõe, no novo olhar, a disponibilidade de uma educação de qualidade que vá além da mera reprodução mecânica. Demanda a participação ativa de professores e alunos e a construção de soluções compartilhadas. Exige uma postura de autocrítica dos atores envolvidos no processo, sobretudo dos professores.

A Educação Matemática, ainda como campo de conhecimento em construção de sua identidade, já nasce comprometida com a perspectiva de superar o mecanicismo e mergulhar na pesquisa das práticas docentes, sobretudo, fazendo parcerias com outros domínios do saber.

## **CAPÍTULO III - O JOGO DO NIM: INVESTIGANDO A CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO NAS INTERAÇÕES VERBAIS**

### **3.1. Delineando a investigação**

As reflexões sobre minha prática docente no laboratório de Educação Matemática levaram a repensar minha concepção de ciência e suas implicações sobre a Educação Matemática. Percebi, neste contexto, uma importante articulação entre a Educação Matemática e a Psicologia Histórico-Cultural e procurei aprofundar meus estudos nesta perspectiva, buscando suporte nos conceitos desta abordagem psicológica e de seus instrumentos metodológicos, que poderiam contribuir para investigar minha prática pedagógica.

Neste sentido, decidi analisar a minha interação com uma dupla de alunos numa atividade típica do laboratório de Educação Matemática: a aprendizagem da solução otimizada de um jogo com regras – O jogo do Nim.

Os laboratórios de Educação Matemática, nos moldes delineados no capítulo I, surgem propondo alternativas para o ensino de matemática e para as dificuldades enfrentadas no ensino desta disciplina em sala de aula. As atividades desenvolvidas nesses espaços têm, em geral, uma preocupação com a aprendizagem significativa dos alunos. Entre outras atividades, os jogos estão sempre presentes nestes laboratórios.

De origem chinesa, o jogo do Nim consiste em oponentes preenchendo os elos de uma corrente, alternadamente, com um número de marcas máximo especificado, sendo vencedor aquele que não marcar o último elo. Jogando algumas partidas, é possível estabelecer uma estratégia otimizada para o jogo, de forma que, garantindo a marcação de alguns elos da seqüência, se atinge a meta de deixar o último elo para o adversário marcar.

As descobertas dos elos que devem ser marcados são feitas nas interações com os resultados do jogo e com os parceiros.

Antes de mostrar como esta análise foi feita e quais seus resultados, apoiando-me em Vygotsky e outros autores, apresento algumas justificativas para estudar as interações durante o jogo e reúno alguns elementos sobre a contribuição do brinquedo para o desenvolvimento infantil.

Em linhas gerais, a abordagem sócio-interacionista, elaborada por Vygotsky, estuda as características tipicamente humanas do comportamento, elaborando hipóteses sobre como tais características são desenvolvidas ao longo da vida do indivíduo, bem como da própria espécie humana.

Assim, em seu programa de pesquisa, Vygotsky procurou responder questões que, na sua visão, a psicologia de sua época abordava de forma inadequada.

Para Rêgo (1998), a primeira dessas questões tratava da compreensão da relação entre o homem e o seu meio físico e social. A segunda, procurava identificar as formas novas de atividades que projetaram o trabalho como meio fundamental entre os seres humanos e a natureza, bem como investigar as influências psíquicas dessas formas de atividades. E, finalmente, a terceira, que procurava elucidar a natureza das relações entre o uso de instrumentos e o desenvolvimento da linguagem.

De acordo com Rêgo (1998):

Ler Vygotsky é, com certeza, um exercício de reunir e se apropriar da fertilidade das descobertas de um estudioso inquieto obstinado, que dedicou sua vida ao esforço de romper, transformar e ultrapassar o estado de conhecimento e reflexão sobre o desenvolvimento humano de seu tempo. (p. 17)

Logo após o levantamento do aporte teórico, que será construído a partir de seis subtemas, aproprio-me de ferramentas analíticas da abordagem histórico-cultural adequadas para o estudo da construção de conhecimento nas interações sociais.

### **3.2. O jogo e a análise do processo de ensino-aprendizagem**

O papel dos jogos de regras nos contextos de ensino-aprendizagem é fundamental para o desenvolvimento infantil. Eles geram oportunidades para a análise da construção de conhecimento em processos de interação social como àquelas que ocorrem em sala de aula, nas interações professor-alunos.

Neste sentido, segundo Santos & Alves (2000), o jogo:

Por todas as suas características, serve como um contexto exemplar para a análise da construção de conhecimentos em interação social. Entretanto, poucas pesquisas têm analisado a evolução dos conhecimentos das crianças no contexto interativo proporcionado pelo aprendizado de jogos específicos. (p. 383)

Assim, a análise da construção de conhecimento a partir de Jogos, atividades sempre presentes em laboratórios de Educação Matemática, recebe em Santos & Alves (2000) uma dupla justificativa. Por um lado, os autores reconhecem o jogo como contexto exemplar para a análise da construção de conhecimento na interação social e, por outro lado, apontaria a existência de uma pequena quantidade de pesquisas que investigam construção de conhecimento em situações de jogos específicos.

Além disso, Santos & Alves (2000) asseguram ser possível obter fundamentos teóricos e metodológicos para a análise da construção de conhecimento durante o jogo a partir de estudos que procuram esclarecer o papel do outro na construção de conhecimento.

Neste sentido, os jogos são contextos favoráveis para a análise da construção de conhecimentos nas interações verbais. Eles oferecem um suporte para as interações que são motivadas por uma meta conhecida por ambos os jogadores. Eles desafiam os jogadores a construir conhecimentos que tornem mais provável a vitória sobre o adversário.

Para Sisto (1996), a situação de ensino sustentada por uma atividade envolvendo o jogo abre a possibilidade de várias observações úteis ao processo de ensino-aprendizagem. O professor, atento ao desenvolvimento da atividade, pode descobrir quais são os recursos de pensamento utilizados pelo(s) aluno(s) entre eles os caminhos percorridos, o levantamento de hipóteses e as estratégias de defesa.

Além disso Sisto (1996) argumenta:

(...) quando joga, a criança dá outras informações a serem consideradas, tais como: que tipo de postura adota, como se relaciona com os parceiros, quais reações apresenta e como lida com os materiais...se é passiva, preferindo agir como o adulto espera ou, se reage, mostrando sua força, independentemente de quem seja seu adversário. Desse modo, subentende-se que, para a criança, jogar é muito mais do que atirar dados, empilhar peças, distribuir cartas, ou movimentar pinos sobre tabuleiros: requer todo um envolvimento e uma intenção para atingir um objetivo. Esses recursos utilizados ao jogar são comparáveis aos exigidos para se realizar uma tarefa escolar. (p.164)

Diante de um quadro de múltiplas possibilidades proporcionadas pelo jogo, Sisto (1996) atribui ao adulto a função de investigador do modo de pensar da criança. Tal função é evidenciada na medida em que ele (o adulto) procura ajudar a criança a superar suas dificuldades.

Uma tal ajuda demanda investigação das ações da criança durante o jogo. Segundo Sisto (1996), uma dessas possibilidades é a questão do erro. É preciso resignificá-lo. Neste sentido, o autor considera que "...o erro não é visto como um 'defeito', mas sim, como uma

resposta possível, característica daquele nível de desenvolvimento em que a criança se encontra”. (p.165)

Neste sentido, Sisto (1996) compartilha da concepção de que:

Jogar é uma situação que pode permitir um trabalho direcionado para a análise de erros e caracteriza-se por um conjunto de ações que podem ou não ser favoráveis à vitória. Na perspectiva do erro, podemos classificar as respostas das crianças basicamente em três níveis. No nível 1, a criança não percebe as contradições existentes em suas jogadas e o erro não aparece como um problema a ser superado. No nível dois, o erro, ou “ação desfavorável” .... chama atenção do jogador e pede uma mudança em sua tática. Neste sentido, a má jogada é percebida e há uma tentativa de superação (nem sempre bem sucedida). No nível 3, há uma compreensão do problema: o jogador consegue escolher as melhores jogadas, diminui a frequência de erro e é capaz de justificar suas ações. (p.165)

Assim, no que se refere ao aspecto psicopedagógico, o jogo pode ser considerado como um bom instrumento diagnóstico, pois, por meio deste, tem-se acesso ao pensamento da criança e a possibilidade de definir estratégias de intervenção. Neste sentido, não basta jogar, segundo Sisto (1996), é fundamental aproveitar alguns momentos do jogo para gerar situações-problema a serem solucionadas pelas crianças.

Tais momentos exigem da criança uma pausa para pensar sobre o jogo, ocasionando quase sempre uma melhoria no seu desempenho. Intervenções do adulto em tais situações possibilitam às crianças percepções de que certas ações (jogadas realizadas) são inadequadas abrindo, assim passagem para a sua superação.

Neste sentido é que Sisto (1996) ratifica sua posição em relação ao uso do jogo por dois aspectos fundamentais. Por um lado, trabalha com o interesse e a atenção, desafiando o raciocínio e uma postura ativa da criança. Por outro lado, representa uma real possibilidade de conhecer como a criança pensa – por meio das estratégias adotadas - e

quais as dificuldades que encontra - por meio dos erros cometidos com a finalidade de atingir os objetivos do jogo.

Macedo (2000) também valoriza a participação ativa dos sujeitos nos jogos :

Num contexto de jogos, a participação ativa do sujeito sobre seu saber é valorizada por pelo menos dois motivos: Um deles deve-se ao fato de oferecer as crianças estabelecerem uma relação positiva com a aquisição do conhecimento, pois conhecer passa a ser percebido como uma real possibilidade.(...) Por meio de atividades com jogos, as crianças vão ganhando autoconfiança, são incentivadas a questionar e corrigir suas ações, analisar e comparar pontos de vista, organizar e cuidar dos materiais utilizados. Outro motivo que justifica valorizar a participação do sujeito na construção do seu próprio saber é a possibilidade de desenvolver seu raciocínio.(...) No contexto... criam-se situações em que jogos são instrumentos para exercitar e estimular um agir-pensar com lógica e critério, condições para jogar bem e para ter um bom desempenho escolar. (p.24)

O "agir-pensar", usado por Macedo (2000), traduz a ambiência de fertilidade pedagógica proporcionada pelo jogo. Tal fertilidade pode ser entendida na medida em que o jogo possibilita uma construção compartilhada de conhecimento entre as díades, professor-aluno e/ou aluno(s)-aluno(s), a partir das múltiplas interações que ocorrem durante a realização da atividade.

Para Macedo (2000), quando a criança joga e é acompanhada por um profissional (educador) que propõe análises de suas ações, a criança descobre a importância de pensar antes de agir, fazer planejamento, antecipações e previsões. Tais atitudes exercem uma grande influência no desenvolvimento geral da criança. Neste sentido a criança "aprende construir e vai criando formas de investigação de suas produções ou daquilo que é produzido por seus adversários" (MACEDO, 2000, p.25).

Um tal conhecimento é, segundo Macedo (2000):

(...) visto como algo a ser construído pelo sujeito, pelo aluno, no contexto de suas interações (relações) com outras pessoas ou objetos. O conhecimento não é dado a priori; o sujeito nasce com a possibilidade dele, mas não nasce com ele. O conhecimento é, por isso, um trabalho ou construção. Construção social se considerarmos o conhecimento acumulado (disponível) e, individual se considerarmos que necessita ser refeito pela pessoa. (p.25)

Para Brenelli (1996), o jogo é elemento importante para o desenvolvimento físico, intelectual e social da criança que deve ser amplamente difundido nas escolas. Mas, adverte:

A escola deveria apoiar-se no jogo, tomar o comportamento lúdico como modelo para conformar, segundo ele, o comportamento escolar ... mas a educação tem em certos pontos que se separar do comportamento lúdico...uma educação que se limitasse ao jogo isolaria o homem da vida, fazendo -o viver num mundo ilusório. (p.20)

Além disso, para Brenelli (1996), em contexto escolar – psicopedagógico – os jogos se revestem de importância na medida em que permitem investigar, diagnosticar e remediar as dificuldades, sejam de ordens afetivas, cognitivas ou psicomotora. Ainda nesta perspectiva, acrescenta a autora:

Embora os jogos em geral interessem à psicopedagogia, os de regra merecem aqui uma atenção especial, por serem considerados meios de compreender e intervir nos processos cognitivos da crianças...os jogos de regras...são férteis, criando um contexto de observação e diálogo sobre processos de pensar e construir conhecimento de acordo com os limites da criança. (p 25)

Os jogos de regras considerados em relevo por Brenelli (1996), são caracterizados como uma atividade que propõe ao sujeito uma situação-problema (objetivo do jogo), um resultado em função desse objetivo e um conjunto de regras. Realizado individualmente ou em grupo, conduz o jogador a produzir meios em direção aos resultados favoráveis.

Assim, a grande utilidade dos jogos com regras no contexto psicopedagógico é, segundo Brenelli (1996), a de permitir, ainda que indiretamente, uma aproximação, ao mundo mental da criança, via análise dos meios e procedimentos utilizados pelos jogadores.

Para que esta aproximação seja efetivamente realizada, é proposta à criança uma conversa sobre suas ações, visando orientá-la a analisar suas jogadas, compará-las entre si e justificá-las.

Em suma, o jogo mostra-se, na perspectiva do processo ensino-aprendizagem, um contexto extremamente fértil para a análise da construção de conhecimento. A análise das interações verbais durante sua realização, justifica-se na medida em que favorece tanto a compreensão do valor das interações verbais produzidas nas intervenções do professor, o acompanhamento das transições genéticas durante a construção da solução otimizada, numa investigação que permite uma compreensão aproximada do que Brenelli (1996) chama de “*mundo mental da criança*”.

### **3.3. O desenvolvimento da ação voluntária e do pensamento abstrato na brincadeira**

Apesar de interessado em estudar as interações verbais em um jogo com regras, considere relevante tratar, brevemente, da *brincadeira do faz de conta*, pois segundo Vygotsky, além de anteceder no desenvolvimento os jogos com regras, o faz de conta prepara a criança para esse tipo de jogos.

Segundo Rêgo (1996), Vygotsky dedicou-se ao estudo do jogo de papéis ou à brincadeira de faz-de-conta, tipo de brincadeira característico nas crianças que aprendem a falar e são capazes de representar simbolicamente e de se envolver numa situação imaginária.

Neste sentido segundo Rêgo (1996):

De acordo com Vygotsky, através do brinquedo, a criança aprende a atuar numa esfera cognitiva que depende de motivações internas. Nesta fase (idade pré-escolar) ocorre uma diferenciação entre os campos de significados e da visão. O pensamento que antes era determinado pelos objetos do exterior passa a ser dirigido pelas idéias. A criança poderá utilizar materiais que servirão para representar uma realidade ausente, por exemplo uma vareta de madeira como espada, um boneco como um filho no jogo da casinha, papéis cortados como dinheiro para ser usado na brincadeira da lojinha etc.(p.81)

Certamente que as motivações internas que levam a criança a agir numa esfera cognitiva, a partir do brinquedo, estão conectadas às suas necessidades. Para Vygotsky (1994, p.122) “...é impossível ignorar que a criança satisfaz *certas* necessidades no brinquedo”.

Vygotsky adverte, no entanto, que é preciso compreender o caráter especial dessas necessidades – *tudo que dá motivo para a ação* - afim de que seja explicitado a singularidade do brinquedo no desenvolvimento da criança.

A diferenciação que ocorre no pensamento do pré-escolar citada por Vygotsky – de uma determinação por objetos para uma determinação por idéias – é uma contribuição fundamental do brinquedo para o desenvolvimento da ação voluntária e do pensamento abstrato, funções psicológicas indispensáveis para realização de um jogo com regras.

Assim, para Vygotsky (1994), a tendência de uma criança muito pequena é de satisfazer seus desejos imediatamente. Se não pode realizá-los esquece deles rapidamente . O intervalo entre o “desejo” e a “satisfação” é muito curto.

É justamente na idade pré-escolar que surgem desejos que não podem ser realizados (satisfeitos ou esquecidos). Conseqüentemente, neste momento, o comportamento da criança muda porque já não consegue mais esquecer facilmente os desejos não realizados.

Para resolver a tensão entre desejo e satisfação a criança “...envolve-se num mundo ilusório e imaginário onde os desejos não realizáveis podem ser realizados, esse mundo é o que chamamos de brinquedo”(VYGOTSKY,1994, p.122).

A situação imaginária criada pela criança com o propósito de satisfazer os seus desejos, que por circunstâncias cognitivas, físicas ou ambientais não pode satisfazer, já contém, segundo Vygotsky (1994), regras de comportamento as quais a criança se submete ao assumir papéis imaginários. “O que na vida real passa despercebido pela criança torna-se uma regra de comportamento no brinquedo” (p.125).

A submissão da criança às regras implícitas de comportamento no brinquedo é similar à submissão que ocorre posteriormente às regras explícitas no “jogo com regras”, cujo desenvolvimento, segundo Vygotsky, ocorre na idade escolar, mas que tem o seu início na idade pré-escolar. O brinquedo, neste sentido, tanto precede o jogo com regras, quanto cria condições para a sua posterior realização, na medida em que possibilita a transição das regras implícitas (brinquedo) para as regras explícitas (Jogo com regras).

Além disso, Santos & Alves (2000) afirmam que:

A situação imaginária é a característica definidora do brinquedo para Vygotsky (1994). Ao fazer-de-conta, a criança separa os objetos e as ações de seus significados habituais e lhes atribui novos significados, dados pela situação imaginária. Atribuindo novos significados aos objetos, a criança tem a oportunidade de compreender a natureza arbitrária dos signos, desenvolvendo seu pensamento abstrato. Por outro lado, ao agir a partir de uma situação imaginária, e não a partir daquilo que percebe, a criança aprende a controlar voluntariamente suas ações. Assim o pensamento abstrato e a capacidade de controlar voluntariamente as próprias ações, que são aspectos fundamentais da atividade consciente humana, se desenvolvem no brinquedo. (p.384)

Antes de poder se envolver numa situação imaginária, a criança tem as suas ações dirigidas pela percepção fornecida pelos objetos externos. O significado tanto está subordinado ao objeto quanto está subordinado à ação. Neste sentido, a criança age “aprisionada” pelo que está disponível em seu campo visual.

No entanto, ao envolver-se numa situação imaginária, a criança liberta-se das amarras do campo visual e passa a agir de forma independente do que vê. “A ação numa situação imaginária ensina a criança a dirigir seu comportamento não somente pela percepção imediata dos objetos..., mas também pelo significado dessa situação” (VIGOTSKY, 1994, p.127).

Esta ruptura entre o campo visual e o campo do significado ocorre pela primeira vez na idade pré-escolar, proporcionando uma inversão nas relações objeto-significado e ação-significado. Como nesta fase a ação surge das idéias e não mais dos objetos, o significado passa a subordinar tanto o objeto, quanto à ação.

Ao (re)significar um objeto, a criança “transforma”, por exemplo, um cabo de vassoura em um cavalo (significado subordinando o objeto). A criança entra em contato com a natureza arbitrária dos signos, abrindo passagem para o desenvolvimento do seu pensamento abstrato, sem o qual o ato de jogar com regras seria impossível.

Da mesma forma ao bater com os pés no chão (re)significando uma ação, “transforma” as batidas com seus pés em ato de cavalgar (significado subordinado a ação). A criança dirige sua ação, controlando seu comportamento a partir dos significados, não sendo mais dirigida pelo que vê. Abre, neste sentido, passagem para o desenvolvimento da ação voluntária, condição necessária na realização de jogo com regras.

A visão de Vygotsky a respeito do brinquedo é tanto surpreendente quanto fascinante. Uma atividade aparentemente “sem propósito”, contribui de forma significativa

para o desenvolvimento do pensamento abstrato e da ação voluntária, processos psicológicos superiores distintivos dos seres humanos.

Além disso, ao ratificar a importância do brinquedo como atividade que contribui para o desenvolvimento da criança, Vygotsky (1994) afirma:

No brinquedo, a criança sempre se comporta além do comportamento habitual de sua idade, além de seu comportamento diário; no brinquedo é como se fosse maior do que é na realidade. Como no foco de uma lente de aumento, o brinquedo contém todas as tendências do desenvolvimento sob forma condensada, sendo ,ele mesmo, uma grande fonte de desenvolvimento. (p.135)

Neste sentido, de acordo com Rêgo (1998):

... a brincadeira tem uma função significativa no processo de desenvolvimento infantil. Ela também é responsável por criar uma “zona de desenvolvimento proximal”, justamente porque, através da imitação realizada na brincadeira, a criança internaliza regras de conduta, valores, modos de agir e de pensar do seu grupo social, que passam a orientar o seu próprio comportamento cognitivo. Assim, o brinquedo não só possibilita o desenvolvimento de processos psíquicos por parte da criança como também serve como instrumento para conhecer o mundo físico e seus fenômenos, os objetos e seus usos sociais, e finalmente entender os diferentes modos de comportamento humano. (p.114)

O brinquedo, nesta perspectiva, ao criar uma zona de desenvolvimento proximal (ZDP) que possibilita à criança a partir da imitação do adulto, a aprendizagem não somente de regras de comportamento social, como também das várias formas de pensamento do seu grupo cultural, evidencia assim sua relevância no processo de desenvolvimento da criança.

Em resumo, o brinquedo na perspectiva histórico-cultural é uma atividade marcada pela presença normativa das regras. A submissão da criança às regras implícitas de comportamento no brinquedo, cria uma zona de desenvolvimento proximal (ZDP) que possibilita tanto o desenvolvimento do pensamento abstrato (significado subordinando o

objeto), quanto à ação voluntária (significado subordinando a ação), funções psicológicas que viabilizam o envolvimento da criança em situações de aprendizagem mais complexas, especialmente, àquelas a partir de jogos com regras, foco desta pesquisa.

### **3.4. ZDP e a relação desenvolvimento aprendizagem**

O brinquedo não exige necessariamente a interação entre pares. Uma criança pode brincar sozinha e todo processo de desenvolvimento estará sendo beneficiado. A análise da construção otimizada do jogo do Nim, a partir das interações verbais, pressupõe uma visão mais ampla sobre o papel do outro na construção compartilhada de conhecimento.

Neste sentido, tratarei da ZDP sob a ótica do desenvolvimento e aprendizagem permitindo assim a introdução de outros elementos que viabilizem a discussão sobre o papel do outro em situações interativas.

Assim, para Vygotsky (1994), um fato bem estabelecido e conhecido é que o aprendizado deve ser combinado com o nível de desenvolvimento da criança. Ao analisar o processo de desenvolvimento, Vygotsky considera dois níveis.

O primeiro é o NDR – nível de desenvolvimento real das funções mentais da criança - que é estabelecido como resultado de ciclos de desenvolvimento já concluídos. Normalmente é aceito como indicativo da capacidade aquilo que as crianças conseguem fazer por si mesmas.

O segundo é o NDP – nível de desenvolvimento potencial – que é estabelecido através da solução proposta pela criança sob a orientação de um adulto, ou em colaboração com companheiros mais capazes.

Vygotsky conceitua então a ZDP – zona de desenvolvimento proximal – como sendo à distância entre o nível de desenvolvimento real (NDR), e o nível de desenvolvimento potencial (NDP).

A zona de desenvolvimento proximal (ZDP) – definida nestes termos, possibilita a construção de uma visão de como este processo de cooperação com o adulto ou entre pares contribui para o desenvolvimento e aprendizado da criança.

Para Vygotsky (1994), os problemas encontrados na análise psicológica do ensino, a relação entre aprendizado e desenvolvimento de crianças em idade escolar, ainda é o mais obscuro de todos os problemas básicos necessários à aplicação de teorias de desenvolvimento em processos de aprendizado.

Tal obscuridade, segundo Vygotsky (1994), deve-se ao fato de que as pesquisas sobre o assunto postulam premissas e soluções exóticas, vagas e, às vezes, contraditórias.

Neste sentido, há três posições distintas sobre a temática desenvolvimento-aprendizagem. A primeira é a que considera desenvolvimento e aprendizagem como processos independentes, a segunda que postula ser o aprendizado, um processo igual ao desenvolvimento, e a terceira, que tenta superar as duas primeiras, combinando-as entre si.

A posição que considera a independência entre os processos, acredita que o aprendizado é puramente externo, não estando envolvido ativamente com o desenvolvimento. O aprendizado utiliza-se dos avanços do desenvolvimento mas não fornece um impulso para modificar seu curso.

De acordo com Vygotsky (1994), esta visão postula que processos de dedução, compreensão, interpretação da causalidade física, entre outros, ocorrem por si mesmos, sem qualquer influência do aprendizado escolar.

Um exemplo desta abordagem citado por Vygotsky é o modelo de Piaget – conversações clínicas – no qual o pesquisador introduziu questões além da capacidade das crianças objetivando atingir o pensamento “puro” – independente das formas de aprendizado.

Já a abordagem que considera a identidade entre os processos de aprendizagem e desenvolvimento, na verdade, é a essência de um grupo de teorias que em suas origens são completamente diferentes.

Em uma dessas teorias – elaborada por James – o desenvolvimento é visto como domínio de reflexos condicionados. Não existe, para ele (James), melhor maneira de descrever a educação do que considerá-la como a organização dos hábitos de conduta e tendências comportamentais adquiridas.

Na primeira concepção, o desenvolvimento precede o aprendizado, enquanto na segunda, os dois processos coincidem em todos os pontos.

A terceira posição, tem como um de seus representantes Koffka, para quem o desenvolvimento se baseia em dois processos inerentemente diferentes, embora relacionados – cada um influencia o outro: a maturação, que depende diretamente do desenvolvimento (maturidade) do sistema nervoso, e o aprendizado, que em si, também é considerado um processo de desenvolvimento.

Há três aspectos novos nessa teoria, considerados por Vygotsky (1994), são eles: a combinação dos dois pontos de vista aparentemente opostos; o fato do desenvolvimento ser visto como um binário (maturação-aprendizado) interagentes e mutuamente dependentes e, finalmente, a atribuição de um amplo papel do aprendizado no desenvolvimento da criança.

Em Vygotsky, esta interação mútua dos processos (aprendizagem e desenvolvimento) cria um novo tom. Uma vez que uma criança tenha aprendido a realizar

uma operação, ela passa a assimilar algum princípio estrutural cuja esfera de aplicação, é outra que não unicamente as das operações do tipo daquela usada como base para a assimilação do princípio. Assim, ao dar um passo no aprendizado, a criança, na verdade, dá dois no desenvolvimento, ou seja, aprendizado e desenvolvimento, não coincidem ponto a ponto.

A princípio, Vygotsky rejeita as três correntes que procuram explicitar a relação entre aprendizado e desenvolvimento, discutidas acima, e, reconhecendo a importância de uma análise sobre tais posturas, pretendeu superá-las, ampliando, assim, a visão sobre o tema em foco.

Sua posição está fundamentada sobre dois tópicos principais: a relação geral entre aprendizado e desenvolvimento e os aspectos específicos dessa relação quando a criança atinge a idade escolar.

Neste sentido, Vygotsky parte do princípio de que o aprendizado da criança começa muito antes dela frequentar a escola (existe uma história prévia). Assim, “...de fato, a aprendizagem e o desenvolvimento estão inter-relacionados desde o primeiro dia de vida da criança” (VYGOTSKY,1994, p.110).

Torna-se indispensável dizer que as teorias rejeitadas por Vygotsky, não consideravam como indicativos de desenvolvimento mental, as soluções apresentadas pelas crianças, quando a estas, eram fornecidas pistas ou o início da solução de um problema.

Segundo Vygotsky (1994), mesmo os pesquisadores mais sagazes, nunca haviam questionado este fato. “Nunca consideraram a noção de que aquilo que a criança consegue fazer com a ajuda dos outros poderia ser de alguma maneira muito mais um indicativo de seu desenvolvimento mental, do que aquilo que ela pode fazer sozinha” (p. 111).

Assim, para Vygotsky, o estado de desenvolvimento mental de uma criança só poderia ser determinado se fossem revelados os seus dois níveis: o NDR e o NDP. Em

outras palavras, aquilo que as crianças realizam hoje com ajuda, realizarão amanhã sozinhas.

O conceito de ZDP, da forma como foi proposto por Vygotsky, traz à tona a necessidade de uma consideração nova a respeito da imitação na sua relação com o processo ensino-aprendizagem.

Neste sentido, um princípio intocável da psicologia clássica era de que somente a atividade independente da criança, e não a atividade imitativa era indicativa do seu desenvolvimento mental. A imitação era considerada um processo puramente mecânico.

Contrapondo-se a postura que defende a atividade imitativa como um processo puramente mecânico de cópia e repetição, Vygotsky acreditava que a imitação oferecia a oportunidade de reconstrução interna daquilo que o indivíduo observa exteriormente, e, portanto, um dos possíveis caminhos para o aprendizado. Neste sentido assevera Rêgo(1998):

Através da imitação as crianças são capazes de realizar ações que ultrapassam o limite de suas capacidades, como por exemplo, uma criança pequena, ainda não alfabetizada, pode imitar seu irmão e “escrever” uma lista com os nomes dos jogadores de seu time preferido. Deste modo, ela estará... promovendo o desenvolvimento de funções psicológicas que permitirão o domínio da escrita. (p.111)

Desta forma, o conceito de ZDP, que descreve o espaço entre aquilo que a criança já adquiriu (tudo que sabe e pode realizar sozinha) e aquelas atividades que para realizar depende da participação do outro mais capaz, abre possibilidades para que a imitação de modelos fornecidos pela cultura assumam um papel estruturante das funções psicológicas, uma vez que amplia a capacidade cognitiva do aluno.

Sobre a importância do conceito de ZDP, argumenta Rêgo (1998):

O conceito de zona de desenvolvimento proximal é de extrema importância para as pesquisas do desenvolvimento infantil e para o plano educacional, justamente porque permite a compreensão da dinâmica interna do desenvolvimento individual. Através da consideração da zona de desenvolvimento proximal, é possível verificar não somente os ciclos já completados, como também os que estão em via de formação, o que permite o delineamento da competência da criança e de suas futuras conquistas, assim como a elaboração de estratégias pedagógicas que auxiliem nesse processo. (p.74)

Em síntese, na perspectiva vygotskyana, construir conhecimento a partir do conceito de ZDP implica numa ação partilhada, uma vez que é através do outro – ajuda do adulto – que as relações entre sujeito e objeto são estabelecidas. A análise das interações verbais que ocorrem durante a realização do jogo do Nim, fornecem um rico material em informações sob a ótica de uma construção de conhecimento em cooperação com o outro, que tanto pode ser o professor, quanto o próprio colega.

### **3.5. ZDP, andaimes e regras de contingência**

O conceito de andaimes, segundo Damazio (1997), vem contribuir no sentido de explicitar ainda mais, como a ajuda do adulto – se planejada, através do ensino formal, ou se espontânea através das interações do cotidiano - possibilita a construção de conhecimento no complexo processo de desenvolvimento da criança.

Os andaimes podem ser entendidos, assim, como um processo que ocorre por meio de pistas fornecidas pelo professor. Tais pistas podem inclusive ser perguntas que são realimentadas pelas respostas da criança, bem como pelo feedback do professor.

É a mesma idéia de andaimes utilizados na construção de um prédio. Os andaimes são em parte sustentados em uma base já construída do prédio e, em parte, projetados para

cima a fim de servir de suporte para a ampliação da construção já efetivada. O padrão pelo qual a ZDP se desenvolve durante o processo e construção de conhecimento pode ser entendido assim.

Além disso, Coll (1994) afirma que a ajuda fornecida pelo adulto à criança durante a resolução de um problema pode ser distribuída em níveis que variam desde uma ajuda mínima, por exemplo palavras de estímulo, uma ajuda intermediária, que vai além do simples estímulo por palavras, e até mesmo uma ajuda máxima incluindo a demonstração integral de como se faz a tarefa. A regra de contingência, segundo Coll (1994), estabelece que a ajuda dada à criança deve ser inversamente proporcional à sua aptidão,

Em resumo, o conceito de ZDP está, assim, intimamente ligado ao problema da ajuda do outro na interação social para a construção de conhecimento, bem como aos conceitos de andaimes e de regras de contingência.

Damazio (1997) enfatiza, além disso, que todo processo de geração da ZDP, a construção de andaimes e a utilização da regra de contingência só são possíveis mediante a interação e a colaboração entre pares.

A construção da solução otimizada do jogo do Nim é efetivada mediante a ajuda do professor que regula o nível da ajuda de acordo com as percepções (verbalizadas) dos jogadores.

### **3.6. Análise microgenética**

A investigação das interações verbais durante a realização do Nim exige um instrumento que possibilite a identificação das transições genéticas que ocorrem durante a elaboração compartilhada de sua solução otimizada. Um tal instrumento voltado para as minúcias que possa indicar indícios de aprendizagem.

Uma análise dessa natureza demanda intencionalidade, planejamento, tempo, atenção aos pequenos detalhes que ocorrem na relação dialética de construção de conhecimento entre sujeitos e, sobretudo, uma metodologia adequada a tais exigências.

Goés (2000) oferece importante contribuição neste sentido, ao discorrer sobre uma abordagem metodológica denominada “análise microgenética”, a qual vem sendo utilizada amplamente nos campos da educação e da psicologia.

É, na verdade, uma forma de construção de dados que exige a atenção a detalhes e o recorte de episódios interativos. É, neste sentido, uma análise orientada para o funcionamento dos sujeitos, das relações intersubjetivas e das condições sociais da situação. Trata-se efetivamente de um relato minucioso que demanda normalmente uso de videogravação, estratégias para filmagem e transcrição de falas interativas.

Assim, Goés (2000) aponta a análise microgenética como um caminho de uma investigação ou articulação de procedimentos na composição de um estudo de caso ou de uma pesquisa participante. Segundo a autora, uma questão relevante a ser esclarecida neste contexto é o delineamento das características peculiares à análise microgenética em sua vinculação com a matriz histórico-cultural. Além disso, a autora procura distingui-la de outras análises de microeventos em correntes teóricas diferentes, bem como ressaltar o caráter profícuo desse caminho metodológico que envolve estudos sobre a subjetivação e sua necessária relação com o funcionamento intersubjetivo.

Para Goés (2000), a diferença entre a análise microgenética e outras análises de microeventos, é que estas não assumem a centralidade do entrelaçamento das dimensões cultural, histórica e semiótica no estudo do funcionamento humano, como o faz a análise microgenética.

A visão microgenética, segundo Goés (2000), deriva dos pressupostos vygotskyanos sobre o funcionamento humano. Dentre as diretrizes metodológicas que

Vygotsky explorou, estava a análise minuciosa de um processo de modo a configurar sua gênese social e as transformações do curso de eventos.

Assim, esta forma de pensar a investigação, foi denominada por seus seguidores como “análise microgenética”. O próprio Piaget, em seu modelo clínico, acrescenta Goés (2000), usou estratégias que bem poderiam ser consideradas microgenéticas, uma vez que envolviam exame minucioso das ações nas sessões de prova ou entrevistas.

Para Goés (2000), a proposta de Piaget (entrevista clínica) teve repercussão sobre os trabalhos de Vygotsky sobre a ontogênese, muito embora, ele tenha mudado muito a proposta original, que era de buscar cuidadosamente as respostas “espontâneas” das crianças não influenciados pelos adultos. Vygotsky introduziu deliberadamente pistas, auxílios ou obstáculos para estudar os processos de interesse.

Esta mudança na forma de conduzir as sessões é decorrente da tese fundamental de Vygotsky, segundo a qual, os processos humanos têm gênese nas relações com o outro e com a cultura, e são essas relações que devem ser investigadas ao se examinar o curso da ação do sujeito.

A análise microgenética, nesta perspectiva, é definida como aquela que envolve o acompanhamento minucioso da formação de um processo, detalhando as ações dos sujeitos e as relações interpessoais, dentro de um curto espaço de tempo. Essa duração corresponde a uma ou poucas sessões, em delineamentos planejados ou a curtos segmentos interativos em situações naturais.

É uma análise identificadora de transições genéticas, ou seja, de transformações das ações dos sujeitos e, conseqüentemente, a passagem do funcionamento intersubjetivo para o intrasubjetivo. Portanto, deste ponto de vista, acrescenta Goés (2000), é um instrumento indicador de pistas de aprendizagem dentro do exame dos processos interativos ou enunciativo-discursivo.

Uma outra contribuição considerada por Goés (2000) pertinente à temática em foco, é a que se refere às formas de estudo minucioso de processos interativos, quando distingue três orientações, a saber: a cognitivista, que focaliza o plano intrapessoal durante os eventos interativos; a interacionista, que examina as relações interpessoais e o jogo conversacional como condição para o funcionamento intrapessoal e, finalmente, a discursiva ou enunciativa, que privilegia a dimensão dialógica e relaciona, interação, discurso e conhecimento.

Na visão de Goés (2000), esta última orientação tem um caráter promissor na medida em que pode ser identificada pela busca de compor o estudo da microgênese com um conjunto de contribuições da análise do discurso e da teoria da enunciação.

Enfim, Goés (2000) reafirmando o valor da análise microgenética, considera que a característica mais importante desta análise está na forma de conhecer que está orientada para as minúcias, detalhes e ocorrências residuais, como indícios, pistas, signos de aspectos relevantes num processo em curso, que permitem interpretar o fenômeno de interesse.

A análise microgenética está, desta forma, centrada na intersubjetividade e no funcionamento enunciativo-discursivo dos sujeitos e é guiada por uma visão individual e interpretativo-conjectural.

Além disso, assevera Goés (2000), que apesar da maioria das considerações não terem sido feitas por Vygotsky, percebe-se nos desdobramentos dos pressupostos vygotskyanos, o propósito característico dessa análise é a de construir uma micro-história de processos, interpretável apenas numa perspectiva semiótica e numa remissão a condições mais amplas da cultura e da história.

Tal postura de Goés (2000), encontra fundamento nos pressupostos do próprio Vygotsky (1996), ao externar sua convicção de que o psicólogo encontra-se com

frequência, no desenvolvimento de seu trabalho, na mesma situação do historiador ou de um arqueólogo e atua como detetive que investiga um crime que não presenciou.

Em resumo, a análise microgenética constitui-se em um poderoso instrumento metodológico de investigação sobre a construção de conhecimento quando pensamos no encontro de sujeitos em situações do ensino no ambiente escolar. A sala de aula, palco das interações dialógicas, proporciona ao professor um ambiente de investigação pedagógica.

A utilização deste instrumento metodológico viabiliza tanto a investigação de minha prática docente, numa atividade típica do laboratório de Educação Matemática, quanto possibilita a adoção de nova postura de ensino que considere em relevo, o papel das interações verbais na construção de conhecimento.

A análise microgenética como forma de estudo minucioso dos processos interativos que enfatiza a interação, o discurso e construção de conhecimento (forma enunciativa ou discursiva), é o instrumento metodológico utilizado nesta pesquisa para a investigação das interações verbais durante construção da solução do jogo do Nim.

Assim, trataremos de alguns pressupostos da análise do discurso, no sentido de viabilizar uma visão mais consistente sobre intersubjetividade e o funcionamento enunciativo discursivo.

### **3.7. Análise do discurso**

Na perspectiva da análise do discurso, Mortimer e Scott (2000) acreditam que se olharmos para a sala de aula como um espaço onde há pelo menos duas linguagens sociais diferentes – a ciência e o senso comum que interagem para criar novos significados, dialogicidade e polifonia, se revelam categorias fundamentais para o entendimento desse processo.

Mortimer e Scott (2000) compartilham a idéia de Bakhtin de que entender a enunciação de uma outra pessoa significa se orientar em relação a ela, encontrar seu lugar no contexto correspondente, ou seja, especificar em resposta a cada palavra da enunciação que está em processo de entendimento, um conjunto de suas próprias palavras. Quanto maior a quantidade e o significado dessas palavras, mais profundo e substancial será o seu entendimento.

Mortimer e Scott (2000) concordam também com a idéia de Lotman de que as duas funções básicas de um texto são a de transmitir significados adequadamente e a de gerar novos significados. A palavra *texto*, é usada para referir-se a qualquer tipo de produção textual, seja um diálogo, um texto escrito ou falado.

Ainda nesta perspectiva, Mortimer e Scott (2000), também concordam com Lotman na concepção de que o texto é dotado, por um lado, de função unívoca, estabelecida quando os códigos do falante e do ouvinte coincidem o mais completamente possível e, conseqüentemente, o texto tem um grau máximo de univocidade. E, por outro lado, de função dialógica, que se estabelece quando novos significados são gerados, ou seja, quando o texto deixa de ser um elo passivo de transmissão de informações entre o emissor e o receptor. Assim, enquanto em relação à função unívoca, uma diferença entre a mensagem emitida e a mensagem recebida pode ocorrer apenas como resultado de um defeito no canal de comunicação, no caso da função dialógica essa diferença é a essência mesma da função do texto como um instrumento de pensamento. Nesta perspectiva, todo texto é dotado de uma tensão entre as funções unívocas e dialógicas. Qualquer texto apresenta em maior ou menor grau, as funções dialógicas e unívocas, isto é, tais funções são atributos universais de todo texto.

Para Mortimer e Scott (2000), essa distinção parece fundamental para analisar os textos produzidos em sala de aula nas interações discursivas, pois a tendência do ensino

científico é procurar estabelecer significados inequívocos como parte de um texto unívoco. Neste sentido, fica clara a importância do diálogo promovido pelo professor, permitindo assim, o aparecimento das contra-palavras e da interação entre diferentes vozes.

Candela (1998), discutindo sobre a construção discursiva em contextos argumentativos, defende que a análise do discurso em sala de aula é um meio privilegiado para estudar os processos educacionais quando se preocupa em compreender os mecanismos e as condições que propiciam a construção de significados.

Candela (1991) considera que a construção de significados em situação de interações em sala de aula, é um processo complexo, desigual e combinado, que evolui tanto para a construção de significados compartilhados como para outros complementares e também outros alternativos.

Nesta perspectiva, há um novo foco de pesquisa reconhecido como virada discursiva em psicologia. As pesquisas, neste foco, apontam diferentes pontos de vista de análise do discurso e de outros mecanismos retóricos utilizados para a construção de significados.

Muitas destas pesquisas têm adotado como perspectiva teórica aquela relacionada à corrente sócio-histórica. Nessa tradição, para Mortimer e Scott (2000), o processo de conceitualização é equacionado com a construção de significados. Isto equivale dizer que o foco está no processo de significação.

Assim, criados na interação, tais significados são vistos como polifônicos e polissêmicos e, então, são internalizados pelos indivíduos. Nesta ótica, para Mortimer e Scott (2000), o processo de aprendizagem acontece numa negociação de novos significados num espaço comunicativo no qual há encontro entre diferentes perspectivas culturais num processo de crescimento mútuo.

Mortimer e Scott (2000) afirmam:

O que nos impressiona são as diferentes formas pelas quais os professores interagem com seus estudantes ao falar sobre os conceitos científicos: em algumas salas as palavras estão por toda parte . Os professores fazem perguntas que fazem os estudantes pensar e os estudantes são capazes de articular suas idéias em palavras, apresentando pontos de vistas diferentes. Em algumas ocasiões o professor lidera as discussões com toda a classe. Em outras, os estudantes trabalham em pequenos grupos e o professor desloca-se continuamente entre os grupos, ajudando os estudantes a progredirem nas tarefas. Em outras salas, o professor faz uma série de questões e as respostas dos estudantes, na maioria das vezes, limitam-se às palavras aqui e acolá preenchendo o discurso do professor. (p. 2)

Dentro desta perspectiva, a análise das formas como o professor pode agir para guiar as interações que resultam na construção de significados em sala de aula é produto, segundo Mortimer e Scott (2000), de uma tentativa de desenvolver uma linguagem para descrever os gêneros de discurso das salas de aulas formulado por Bakhtin.

Assim, Mortimer e Scott (2000) apresentam uma estrutura analítica baseada em cinco aspectos inter-relacionados que focalizam o papel do professor e que são agrupados em termos de *focos de ensino* – intenções do professor e o conteúdo; em termos de *abordagem* - abordagem comunicativa; e, em termos de *ações* – padrões de interação e as intervenções do professor.

Nesta estrutura, Mortimer e Scott (2000) consideram a abordagem comunicativa como um conceito central. Esta consideração, deve-se ao fato de que o conceito fornece uma perspectiva de como o professor trabalha as intenções e o conteúdo de ensino por meio das diferentes intervenções pedagógicas que resultam em diferentes padrões de interação.

Neste sentido, o autor identifica quatro classes de abordagem comunicativa que são definidas por meio de caracterização do discurso entre professor e alunos ou entre alunos, em termos de duas dimensões. A primeira dimensão, denomina de *discurso dialógico ou de autoridade* e a segunda, *discurso interativo ou não interativo*.

Assim, a abordagem é dita *comunicativa dialógica* quando o professor considera o que o estudante tem a dizer do seu próprio ponto de vista. Há uma interanimação de idéias na medida em que mais de uma voz é considerada.

No entanto, quando o professor considera o que o aluno tem a dizer apenas do ponto de vista do discurso científico escolar que está sendo construído, a abordagem, neste caso, é dita *comunicativa de autoridade*. Uma voz é ouvida e, portanto, não há interanimação de idéias. Na prática, qualquer interação contém, provavelmente, aspectos de ambas as funções, dialógica e de autoridade.

E, além disso, um discurso é interativo quando ocorre a participação de mais de uma pessoa e, é dito não-interativo, quando o discurso é construído por uma única pessoa.

As quatro abordagens comunicativas surgem da combinação das duas dimensões e podem ser aplicadas ao papel condutor do professor no discurso em sala de aula, como também para caracterizar interações entre estudantes em pequenos grupos.

Assim, o discurso será dito *interativo-dialógico* quando o professor e os alunos exploram idéias, formulam perguntas e consideram diferentes pontos de vista. Quando, no entanto, o professor reconsidera na sua fala vários pontos de vista destacando similaridades e diferenças, seu discurso é dito *não-interativo/dialógico*, ao passo que se conduzir os alunos por meio de uma seqüência de perguntas e respostas, com o objetivo de chegar a um ponto de vista específico, seu discurso será dito *interativo/de autoridade*. Finalmente, quando o professor apresenta apenas um ponto de vista específico, seu discurso é dito *não-interativo/de autoridade*.

O padrão interativo emergente das abordagens comunicativas em suas quatro modalidades mais comum, asseguram Mortimer e Scott (2000), é a tríade I/R/A, isto é, o professor inicia, o aluno responde e o professor avalia. Mas, além disso, o professor pode interferir para sustentar a elaboração de um enunciado pelo aluno – são normalmente intervenções curtas nas quais o professor repete parte do que os alunos acabaram de falar. O professor, na verdade, fornece aos alunos um feedback para que elaborem melhor suas falas, gerando cadeias de turnos não triádicos do tipo [ I/R/P/R/P ... ou I/R/F/R/F ... ], onde “P” representa uma ação discursiva de permitir o prosseguimento da fala do aluno e “F” representa o feedback fornecido pelo professor para que o aluno elabore melhor sua resposta.

Em suma, apesar de Mortimer e Scott (2000) acreditarem na centralidade da fala e do discurso verbal em sala de aula, sabe que estes não são os únicos modos de comunicação nesses ambientes, mas reafirma sua posição de que quanto mais profundo for o entendimento do discurso verbal e seu desenvolvimento em sala de aula, maior será a possibilidade de uma prática reflexiva para auxiliar a aprendizagem dos estudantes.

Neste sentido, a análise das interações na construção otimizada do jogo do Nim tem através da identificação dos padrões interativos trazidos pela análise do discurso, mais um elo que consolida a análise microgenética, gerando subsídios para responder a questão central desta pesquisa: **Qual o papel das interações professor-aluno na construção lógico-aritmética otimizada de um jogo com regras? (O Nim).**

A investigação dessas interações encontra justificativas no modelo Histórico-Cultural na medida em que possibilita o acompanhamento minucioso das transições genéticas que evoluem durante a realização do jogo. A identificação dos padrões interativos produzidos, sobretudo, pelas intervenções do professor, permite evidenciar o processo de internalização da solução social para a solução individual (auto-regulação).

### **3.8. O método**

Foram meus colaboradores no presente estudo um menino e uma menina, ambos com 13 anos que cursavam a 6ª série do ensino fundamental em uma escola pública em Belém. Antes de receberem as instruções sobre as regras do jogo, os alunos responderam um questionário contendo dados pessoais que incluíam nome, idade, escola e preferência(s) e/ou dificuldade(s) com disciplina(s).

### **3.9. Procedimento de Coleta**

As observações foram realizadas no Laboratório de Educação Matemática de uma escola assistencial do Ministério da Defesa em Belém. Sob minha assistência os alunos jogaram 36 partidas do jogo do Nim, momento em que considerei que os alunos tinham aprendido uma estratégia otimizada, ou seja, descoberto os elos que precisariam marcar, desde o início do jogo, para conseguirem deixar para o adversário marcar o último elo. As minhas intervenções foram no sentido de que os alunos desenvolvessem essa estratégia sem lhes contar diretamente a “solução do problema”. Todos os diálogos gravados em vídeo foram transcritos na seqüência que ocorreram, numerando-se os turnos de cada interlocutor.

### **3.10. Procedimento de Análise**

As partidas foram jogadas sempre com uma corrente de 19 elos e cada jogador podia fazer de uma a quatro marcas. Nesta situação, marcar os elos 3, 8, 13 e 18 é a estratégia ótima para ganhar o jogo. Em geral, quem aprende a jogar o Nim percebe

primeiro o elo que precisa marcar que está mais próximo do final da partida e depois o seguinte até o início do jogo. Foi o que aconteceu nas partidas analisadas.

Neste sentido, um primeiro critério de recortes para a análise foi o momento em que a dupla faz uma descoberta, ou seja, descobrem que precisam marcar o 13º elo, depois o 8º elo e, por último o 3º elo. Neste sentido a transcrição foi dividida, primeiro em três episódios. Cada episódio foi recortado em segmentos.

Um segmento terminava quando, após alguma problematização do professor os alunos chegavam a alguma hipótese sobre que elo deveria ser marcado, mas não estavam certos disso, e o professor solicitava que eles jogassem mais algumas partidas antes que pudessem conversar novamente. Em cada segmento se analisou o padrão interativo e se houve progressos, retrocessos ou se as hipóteses dos alunos permaneceram inalteradas.

### **3.11. Análise microgenética do Nim**

#### **Episódio I**

#### **Turnos de 1 - 92**

#### **Segmento 1**

#### **Turnos de 1-9**

O professor explicou as regras do jogo e os alunos começaram a jogar e tiraram dúvidas sobre as regras.

## Segmento 2

### Turnos de 10 -17

Após algumas partidas, o professor perguntou aos alunos se já tinham alguma percepção sobre quem ganhava e quem perdia o jogo (T 10). P afirmou que quem começava perdia (T11), mas, J contra-argumentou, após ter sido solicitada pelo professor a avaliar a resposta do colega (T 12).

(10) Prof – Agora ele (P) começa.

(10) Prof – Terminou? perdeu de novo? Agora vai virar freguês?

(\*\*\*\*)

(10) Prof - ...E agora quem começa? J? Vai, então começa.

(\*\*\*\*)

(10) Prof – Ganhou?...Alguém já tem alguma percepção sobre quem ganha ?... quem perde? ...quem ganha começa?...

(11) P – Quem começa perde.

(12) Prof – Quem começa perde ? Concorda J que quem começa perde ?

(13) J – Não. Aqui (Referindo-se a uma partida anterior) - eu comecei e ganhei, aqui ele

(P) começou e eu ganhei também.

(\*\*\*\*)

(14) Prof – Vocês acham que quem começa perde ? ... Ela (J) acha que não.

(15) P – Comecei aqui e perdi.

(16) J – Não, aqui eu comecei , daí eu ganhei, aqui ele (P) começou e eu ganhei de novo.

(17) Prof. Tá certo. Vamos jogar mais algumas vezes para melhorar nossa percepção. Ainda não está definido... Se alguém tivesse descoberto essa solução melhorada, teria vencido sempre. Então, ninguém descobriu ainda.

Nota-se que P, a partir das questões levantadas pelo professor (T10), insistiu no seu argumento de que “quem começa perde” (T 11 e 15) e que J o contestou duas vezes (T13 e 16). A participação do professor suscitou o debate, gerando contra-argumentações. O padrão interativo foi do tipo I-R-F, sendo o feedback do professor no sentido de elicitare as hipóteses e contra-argumentos dos alunos. Só no último turno (17) ele faz uma avaliação das respostas dos alunos.

### **Segmento 3**

#### **Turnos 18-26**

P formulou uma outra hipótese - “eu acho que é por aqui (apontando para o meio da corrente)” (T 18) e J contestou essa hipótese - “eu acho que é aqui no final” (T22), após solicitação do professor para que ela avaliasse a resposta de P (T 21). Em seguida, os alunos, seguindo as orientações do professor, reformularam suas hipóteses de forma mais precisa – P considerando que a partida ficava decidida no 13º elo e J considerando que isto acontecia nos quatro últimos elos (T 24 e 26).

(18) P - Eu acho que é por aqui. (Aponta com a caneta para o meio aproximadamente da corrente)

(19) Prof – Você acha que é pelo meio do caminho que a coisa começa a ser decidida ?

(20) (P Balança a cabeça que sim.)

(21) Prof - ... E tu J ? Ele (P) acha que é pelo meio.

(22) J – Eu acho que é aqui no final.

(23) Prof – No final ?

(23) Prof – Se vocês conferirem os elos de cima para baixo, aproximadamente em que elo a coisa começa a ser decidida ?

(24) P- (Conta conforme orientação do professor, e diz:) Acho que é o 13°.

(25) Prof – 13°? ... E tu J?

(26) J – Acho que é nesses quatro últimos.

Nota-se que os alunos, orientados pelo professor, formularam hipóteses mais avançadas e mais precisas que àquelas formuladas no seguimento anterior. O padrão interativo foi do tipo I-R-F, sendo o feedback do professor no sentido de elicitare as hipóteses dos alunos e que eles as reformulassem de forma mais precisa.

#### **Segmento 4**

#### **Turnos 27- 40**

O professor, após ter notado que P ganhou uma partida sem, no entanto, ter marcado o 13° elo, perguntou para P se ele tinha aplicado a hipótese que havia formulado anteriormente (T 27). P não respondeu. Em seguida, P teve outra oportunidade de marcar o 13° elo e não o fez. O professor chamou a atenção de P novamente insistindo na hipótese de P sobre marcar o 13° elo (T 29, 31 e 33). P mostrou que ainda não estava convicto desta hipótese, mas acabou concordando com o professor de que era, precisamente, o 13° elo que era importante marcar. Posteriormente , o professor perguntou se ele já sabia como chegar sempre o 13° elo (T 35). P respondeu que não (T 36). As sucessivas vitórias de P

provocaram uma reação de desconforto em J (T 38). O professor perguntou se ela concordava com a hipótese de P (T 39) e ela respondeu negativamente (T40).

(27) Prof – J perdeu? (Olhando para P , pergunta:) Aplicastes o que tu percebestes em relação ao 13<sup>o</sup>?, não? (P permanece calado)

(27) Prof – Quem joga? Quem começa agora? (nova partida é iniciada...)

(\*\*\*\*)

(27) Prof – (Dirigindo-se a P, questiona:) Qual é o 13<sup>o</sup> ? Esse ou esse. (P tem a oportunidade de marcar o 13<sup>o</sup> elo, mas não o faz)

(27) Prof - ...Mas tu continuas pensando que quem começa não tem nada a ver? ... É independente de quem começa ou não?

(\*\*\*\*)

(27) Prof -...E tu (P) continuas achando que é pelo meio do jogo?

(28) P – (Balança a cabeça que sim).

(29) Prof – E o lance do 13<sup>o</sup> elo que tu falaste ainda agora?

(30) P – Faz parte também.

(31) Prof - Ele (13<sup>o</sup>) não decide. É perto dele ?

(32) P – É perto dele.

(33) Prof – Acha que não é precisamente ele (13<sup>o</sup>) que decide o jogo ?

(34) P - .....éééé..... (balança a cabeça)

(35) Prof – (Por perceber que apesar da aparente insegurança de P, ele continuava tentando atingir o 13<sup>o</sup>) ... Se você acha que é o 13<sup>o</sup> elo, como é que faz prá chegar nele o tempo todo. Chegar...perto dele ?

(36) P – Não sei.

(37) Prof – Não sabe ainda ?

(\*\*\*\*)

(38) J – Égua! Perdi de novo! (P ganha algumas partidas em seqüência)

(39) Prof – (Dirigindo-se a J) Será que ele (P) está certo?

(40) J – Não.

(\*\*\*\*)

Nota-se, que o professor não avalia, explicitamente, a hipótese de marcar o 13º elo. Mas ele a seleciona, perguntando se não tem nada a ver quem começa (T 27), se ele continua achando que é pelo meio (T 27) e insistindo na hipótese do 13º elo: E o lance do 13º elo que tu falaste ainda agora?... Ele (13º) não decide. É perto dele ?... Acha que não é precisamente ele (13º) que decide o jogo ? (T 29, 31, 33). Até que P concorda (T 34). O professor pergunta então: “Se você acha que é o 13º elo, como é que faz prá chegar nele o tempo todo? Chegar...perto dele?” (T 35). Ainda que tenha respondido que não sabia como chegar no 13º elo todas às vezes, P passou a marcá-lo mais freqüentemente, ganhando várias partidas em seguida, a ponto de incomodar J. Novamente, o professor solicitou que J avaliasse a hipótese de P, mas J continuou discordando dele. O padrão interativo do professor com P, em relação ao 13º elo, foi do tipo I-R-A. O padrão interativo do professor com J (T38 a 40) foi do tipo R-E-R-P, ou seja, após as respostas de J o professor pede que ela as elabore ou prossiga sem avaliá-las explicitamente.

### **Segmento 5**

#### **Turnos 41 – 52**

O professor fez novamente uma intervenção no momento em que P, mais uma vez definiu o jogo, marcando o 13º elo (Turno 41). Dirigindo-se a J, o professor tentou fazê-la

perceber a eficiência de marcar o 13º elo (T 44). J simulou jogadas verbalmente, sendo apoiada pelo professor (T 45 a 49). Em outra partida, P deixou mais uma vez de marcar o 13º elo e o professor questionou porque ele não havia aplicado a sua hipótese. Ao final de outra partida, percebendo que P marcou novamente o 13º elo e ganhou, o professor dirigiu-se a J e procurou lembrá-la do objetivo do jogo, avaliando as ações de P e recomendando que J o imitasse (T 52).

(41) Prof – E aí..... o jogo está decidido ?

(P - Balança a cabeça sorrindo)

(42) Prof – Qual foi o último que ele (P) marcou ? (Pergunta dirigida à J)

(43) P – (Responde rapidamente): 13º.

(44) Prof – Ainda tem condições de alguém ganhar esse jogo ? (Pergunta dirigida a P)

(44) Prof – Ainda tem condições de alguém ganhar esse jogo ? (Pergunta dirigida à J)

(45) J - Se ele (P) colocasse uma marca?

(46) Prof – E tu colocarias quantas marcas, se ele (P) colocasse uma marca ?

(47) J – Uma

(48) Prof – Colocarias uma se ele (P) colocasse uma ?

(49) J – Talvez.

(\*\*\*\*)

(50) Prof – Por que não colocas em ação teu plano, tua percepção ?. (P deixa de marcar o 13º outra vez).

(\*\*\*\*)

(50) Prof – Qual foi este último elo que marcaste aí ?

(51) P – O 13º.

(52) Prof – Finalmente vais testar tua teoria !...ganhou de novo! ....(Dirigindo-se à J, comenta:) Olha , ele (P) está ganhando em seqüência, veja: uma, duas, três, quatro, cinco, seis... (Referindo-se ao número de partidas vencidas por P).

(52) Prof – Qual é a dinâmica do jogo ? ... É descobrir o macete. A regra otimizada. Então parece que ele (P) descobriu, não é verdade ? (Dirigindo-se a J) , diz: Tenta acompanhar .... ele (P) acha que é o 13°.

Nota-se que P ainda não marcava o 13° elo todas as vezes que tinha oportunidade de fazê-lo, mas tinha aumentado a frequência com que fazia isso. Questionada pelo professor, J simulou jogadas a partir do 13° elo, demonstrando estar refletindo sobre a eficiência da hipótese de marcar o 13° elo. Ela foi apoiada pelo professor nessa simulação. O professor avaliou, explicitamente, o desempenho de P e aconselhou J a imitá-lo. O padrão interativo foi do tipo I-R-A.

## **Segmento 6**

### **Turnos 52 – 68**

Dirigindo-se a P o professor perguntou se ele tinha certeza que era no 13° ou perto dele que o jogo ficava definido (T 52). P respondeu que era no 13°. Numa rara oportunidade, J marcou o 13<sup>0</sup> elo e o professor questionou novamente (T 54). O professor interagiu com J e, nessa interação, todas as possíveis jogadas, a partir do 13° elo, foram explicitadas (T 54 - 58). Ao final (T 68), o professor perguntou se teria chance de um ganhar o jogo se o outro tivesse marcado o 13° elo. Os alunos não responderam. Em seguida, o professor interagiu com J, novamente, simulando verbalmente todas as possíveis

jogadas, a partir do 13º elo (T 58 – 66). Desta vez P respondeu que quem marcasse o 13º. elo ganhava o jogo, mas J hesitou e o professor avaliou que ela ainda estava em dúvida.

(52) Prof – Não tem nada a ver com quem começa ? e pode começar com qualquer quantidade ?

(\*\*\*\*)

(52) Prof - Tu achas que é próximo ou é no 13º ?

(53) P – É no 13º (P tem certeza do 13º, mas não descobriu como chegar nele. J não tem esta certeza, mas nesse momento chega ao 13º).

(54) Prof – Então vamos pensar neste último jogo aí. A J marcou o 13º, não é verdade ? ... O P marcou dois, tu marcastes três e ele (P) teve que marcar o último, não é verdade ? ... Se ele (P) tivesse marcado um só depois que tu marcasses o 13º , quantos tu marcarias prá ganhar o jogo ?..... (J permanece em silêncio).

(54) Prof - Marcarias quatro, sem problemas? ... Não é verdade? ... Se ele tivesse marcado três?

(55) J – Só marcar dois.

(56) Prof – Se ele (P) tivesse marcado os quatro ?

(57) J – Marcava um.

(58) Prof – Então quem consegue marcar o 13º, o outro tem chance de ganhar ? (Silêncio de ambos)

(58) Prof – Se ele (P) fizesse uma marca, tu farias quantas ?

(59) J – Quatro.

(60) Prof – Se ele (P) fizesse duas ?

(61) J – Três.

(62) Prof – Se ele (P) fizesse três ?

(63) J – Duas

(64) Prof – Se ele fizesse as quatro, férias.....

(65) J - ...Uma...

(66) Prof - E ele (P) perderia o jogo

(66) Prof – Então, quem marca o 13º ganha ou perde ? O que é que vocês acham ?

(67) P – Prá mim ganha.

(68) Prof - ... A J ainda está em dúvida, não é verdade ? Então vamos lá, vamos jogar mais.

Nota-se que a intervenção do professor foi no sentido de fazer os alunos compreenderem porque marcar o 13º elo decidia o jogo. Ele fez isso interagindo com J, por duas vezes, simulando todas as possíveis jogadas, a partir do 13º elo. Nas duas vezes, J respondeu corretamente às possibilidades simuladas verbalmente pelo professor. Apesar disso, ao final de cada uma destas seqüências, quando o professor perguntou se havia chance de um ganhar o jogo quando o outro tivesse marcado o 13º elo, apenas P respondeu afirmativamente, na segunda vez. O padrão interativo foi do tipo I-R-A. Apenas no final do segmento (T66 a 68) o padrão interativo é diferente, sendo o feedback do professor de prosseguimento.

### **Segmento 7**

#### **Turnos 68 - 70**

Observando que P ganhou mais uma partida, o professor perguntou se ele estava usando a percepção do 13º P afirmou que J deixou de marcar o 13º elo (T 69) – J marcou o 13º e 14º - neste momento o professor avaliou a ação de J, afirmando que ela tinha

rejeitado a hipótese de P (13° elo) e que poderia ter obtido um resultado diferente se tivesse marcado apenas o 13° elo e não o 13° e o 14° elos, como o fez. O professor sugeriu que os jogadores continuassem jogando mais partidas.

(68) Prof – Ganhou o jogo ? ( P )... Está usando a percepção do 13° ?

(69) P - Ela (J) marcou o 13° e o 14°.

(70) Prof – Tu marcastes o 12° ....e ela marcou os dois seguintes. Então ela rejeitou a idéia do 13°, não é verdade. Se ela tivesse marcado o 13°, talvez o resultado tivesse sido diferente, não é isso ?... Então vamos continuar jogando.

Nota-se que, apesar de P ainda não saber como chegar ao 13° elo, está consciente da importância de marcá-lo. Ele aponta o erro de J ao ser questionado pelo professor. O professor avaliou a resposta de J. O padrão interativo foi do tipo I-R-A, apesar do professor ter deixado em dúvida se marcando o 13° elo J ganharia a partida.

### **Segmento 8**

#### **Turnos: 70 –72**

P venceu mais uma partida, após ter marcado o 13° elo (T 71-72). J deixou de marcar novamente o 13° elo. O professor fez nova avaliação sobre a marcação do 13° (T 72).

(70) Prof – Usastes a percepção do 13°

(71) P – Marquei o 13°.

(72) Prof – Ela (J) parou no 12° e tu marcastes o 13°... e aí .... não teve chance prá ela de novo.

Aproveitando o erro de J, P marcou o 13° elo, confirmando que ele estava ciente da importância de fazê-lo. Mais uma vez o professor avaliou a resposta de J. Enquanto na avaliação do segmento anterior o professor deixou em dúvida que se J tivesse marcado o 13° elo o resultado seria diferente, desta vez ele estabeleceu, explicitamente, a relação entre a marcação do 13° elo e a vitória de P. O padrão interativo foi do tipo I-R-A.

### **Segmento 9**

#### **Turnos 72 – 87**

O professor lembrou o objetivo da atividade (a descoberta da solução otimizada) e avaliou que a conclusão de P parecia estar dando certo e manifestando dúvida se J concordava com P. Em uma partida, J conseguiu marcar o 13° elo e o professor perguntou se ela concordava que P tinha razão em relação ao 13° elo. J não respondeu. Em seguida, P ganhou uma partida e o professor chamou a atenção para o fato dele ter marcado o 13° elo. Perguntou para P se ele achava que tinha algum jeito de J ganhar aquela partida. Ele respondeu que não. Perguntou a mesma coisa para J e, diante do silêncio dela, levantou com ela, novamente, todas as possibilidades de jogadas a partir do 13° elo. Ao final, interrogada pelo professor, J concordou que não tinha jeito de ganhar o jogo depois de P ter marcado o

13º elo. O professor perguntou se P estava convencido disso e ele disse que mais ou menos.

(72) Prof – Estamos procurando uma regra otimizada, ou seja, quem perceber vai ganhar sempre. Ele (P) já chegou a uma conclusão que parece que está dando certo. Não sei se (J) concorda ou não ? ... se vai se render à experiência..... mas, vamos continuar jogando. Não sei se P está totalmente certo.....parece que sua teoria está dando certo!.

(\*\*\*\*)

(72) Prof – Não conseguistes o 13º ? (P) Quem conseguiu ?

(73) P – Ela.

(74) Prof – E ai J percebestes alguma coisa diferente ? Achas que ele (P) tem razão com relação ao 13º elo ?

(J ganha a partida, mas não respondeu a pergunta do professor)

(\*\*\*\*)

(74) Prof – Qual foi o último elo que tu marcastes P?

(75) P - 13º.

(76) Prof – 13º de novo. Tinha jeito prá ela ganhar esse jogo ainda ?

(77) P – Eu acho que não.

(78) Prof – E tu J, o que é que tu achas ? Se ele marcou o 13º, bem aqui, olha. Tu fizestes quantas marcas depois dele (P) ?

(79) J – Quatro.

(80) Prof – Fizeste quatro marcas depois dele, e ele (P) fez uma só. Se tu tivesses feito três marcas ? Como é que ele poderia fazer prá ganhar de novo ?

(81) J – Fazendo duas marcas.

(82) Prof – Se tu tivesses colocado duas marcas?

(83) J – Ele (P) colocaria três.

(84) Prof - (Completa rapidamente) ... e perderias de novo. Então tem jeito de ganhar o jogo se o cara marcou o 13º elo? ..... (Silêncio)

(84) Prof – Então já está claro prá vocês que quem marca o 13º elo ganha? ou ainda tem alguma dúvida ?

(85) J - (Balançando a cabeça diz:) Não tem jeito.

(86) Prof – Tu estás convicto disso P ?

(87) P – Mais ou menos.

Nota-se que, pela primeira vez, J concorda explicitamente com a eficiência de marcar o 13º elo. O professor lembrou o objetivo da atividade, avaliou positivamente o desempenho de P, questionou os alunos sobre a eficiência de marcar o 13º elo e tentou demonstrar, simulando todas as jogadas a partir do 13º elo, que quem o marcasse tinha todas as chances de vencer o jogo. O padrão interativo foi do tipo I-R-A.

### **Segmento 10**

#### **Turnos 88 - 92**

O professor propôs aos jogadores que começassem jogando a partir do 13º elo (T 88). J reafirmou sua posição obtida no segmento anterior e disse: “Agora quem começa vence” (T 89). Após o professor perguntar aos jogadores se estava tudo claro com relação ao 13º elo , ambos balançaram a cabeça confirmando que sim.

(88) Prof – Vamos fazer o seguinte: Vamos jogar a partir do 13º elo. Vamos tentar elucidar isso. (Dirigindo-se à J diz: Marca o 13º elo. É esse aqui. Marca esse aqui. Pronto. Dá prá ele (P) jogar. Vê se ele consegue te ganhar se tu marcares o 13º elo ? ...

(\*\*\*\*)

(89) J – Agora quem começa vence.

(90) Prof – Tá claro prá ti J? Tá claro prá ti P? Agora marca o 13° elo e dá prá ela vê se ganha.

(\*\*\*\*)

(90) Prof – O 13° é esse aqui. Isso. Qual é a chance que ela tem de ganhar ?

(91) P – Eu vou ganhar.

(92) Prof – Tá claro isso? Posso pensar que está claro prá vocês? (Ambos confirmam balançando a cabeça que sim). Chegaram a esta conclusão: Quem chegar ao 13° elo ganha o jogo? ou querem jogar para experimentar isso?

(92) Prof – Então, o seguinte: Vocês conseguiram perceber... Ele (P) lançou a idéia desde o início, e agora parece que ficou claro que quem consegue chegar ao 13° elo ganha o jogo.

A ação do professor foi no sentido de consolidar a percepção dos jogadores, especialmente de J, que relutou muito sobre a hipótese do 13° elo, propondo que eles passassem a analisar as jogadas a partir deste elo. As simulações realizadas anteriormente, por quatro vezes, foram, desta vez, realizadas pelos jogadores em situação real de jogo, o que proporcionou, de uma forma mais direta, a reflexão desejada pelo professor sobre a eficiência de marcar o 13° elo. O padrão interativo foi do tipo I-R-A, pois o professor avaliou positivamente a conclusão dos alunos, apesar de deixar um espaço para que eles experimentassem mais uma vez, caso ainda tivessem dúvida sobre a eficiência de marcar o 13° elo.

**Episódio II****Turnos de 92 – 118****Segmento 1****Turnos 92 – 111**

O diálogo que vai dos turnos 92 a 96 foi no sentido de estabelecer um novo sub-objetivo para a atividade. Uma vez que os alunos concluíram que quem chegasse ao 13º elo venceria o jogo, o professor procurou fazer com que eles explicitassem que o próximo passo seria descobrir o que era preciso ser feito para chegar sempre a este elo. Inicialmente, o professor solicitou que os alunos formulassem a pergunta. P pergunta “por que é o 13º?” (T 93). O professor pede que J avalie a resposta de P, lembrando do objetivo geral da atividade – descobrir a melhor estratégia – e refaz a pergunta. Como os alunos não respondem, ele mesmo explicita que o próximo passo é descobrir como fazer para chegar no 13º elo. Entre os turnos 96 e 104 o professor questionou os alunos sobre quem havia marcado o 13º elo e se havia possibilidade do outro ganhar. Os alunos responderam que não. Três vezes (T 98, 102 e 104) o professor perguntou se os alunos tinham descoberto como chegar ao 13º elo, mas eles permaneceram calados. P descobriu o 8º elo (T 105) e o professor perguntou se J concordava. J respondeu ao professor afirmativamente, justificando sua resposta com uma possibilidade de jogada.

(92) Prof - Agora não surge uma outra pergunta? O que é que vocês acham? ... Qual é a pergunta?

(93) P – Por que é o 13º?

(94) Prof – O que é que tu achas? (J) Farias outra pergunta?... (silêncio...) - Qual é a nossa dinâmica ? não é descobrir a melhor estratégia? Vocês já perceberam que quem chegar ao 13º ganha. Então qual seria a próxima pergunta?..... (silêncio...) ... - Como? O que é que vocês acham? (P e J - Balançam a cabeça, confirmando que sim).

(94) Prof – Então vamos lá continuar jogando. Próxima tarefa agora é como você saindo jogando chega lá (referencia ao 13º).

(95) J – Posso começar desde o início de novo?

(96) Prof – É .... tudo de novo. Vamos tentar descobrir como você chega lá ?

(\*\*\*\*)

(96) Prof – Adianta jogar daí prá frente P? (P marca o 13º elo).

(97) P – Não. (Mas preenche a corrente até o final)

(\*\*\*\*)

(98) Prof – J não morreu porque marcou o 13º elo. Agora nossa busca é descobrir como chegar ao 13º. Vamos continuar jogando.

(\*\*\*\*)

(98) Prof – Ela (J) conseguiu chegar. Será que descobriu ou foi coincidência ? (Silêncio).

(\*\*\*\*)

(98) Prof – Quem marcou esse elo ?

(99) P – Ela (J).

(100) Prof – J, qual é esse elo ?

(101) J - 13º

(102) Prof – Já conseguiram perceber como chegar ao 13º ? Ainda não ? (Silêncio..). Então vamos continuar jogando.

(\*\*\*\*)

(102) Prof – Que elo é este que tu marcastes P ?

(103) J - (se antecipa, e diz:) 13°.

(104) Prof – Tem jeito prá ti J?(J - Balança a cabeça que não)

(104) Prof – Vocês já tem alguma percepção de como chegar ao 13°?(P e J - Balançam a cabeça dizendo que não).

(104) Prof – Não. Então vamos continuar jogando, certo ?

(\*\*\*\*)

(105) P – É o 8° elo.

(106) Prof – Quem marca o que?

(107) P - O 8° elo.

(108) Prof – O 8° elo consegue marcar o 13°?... E tu J percebeu isto? Não? Não tens convicção sobre esta percepção dele? ....(Silêncio)...

(109) J – Tá certo, olha só: Se ele (P) marcar aqui (aponta para o 8° elo) e eu marcar quatro, ele (P) ganha.

(110) Prof – Se marcares três ? (Ela marcou só o 9° elo, ou seja um único elo após o 8°).

(111) J – Ele (P) não vai querer marcar os Três.

Nota-se que P chegou à descoberta de forma independente e que J concordou com ele também apresentando uma justificativa própria. Entretanto, o estabelecimento do sub-objetivo – como chegar sempre ao 13° elo – ainda esteve na dependência da intervenção do professor. Além de formulá-lo, o professor o manteve presente enquanto os alunos jogavam, perguntando se eles já o haviam alcançado. No primeiro momento, em que o professor procurou estabelecer o sub-objetivo, o padrão interativo foi do tipo I-R-A. Daí em diante, o padrão interativo foi do tipo I-R-E, isto é, o feedback do professor foi elicitativo.

## Segmento 2

### Turnos 112 – 118

O professor convidou os jogadores a testarem a hipótese de P (T 112), iniciando a partida a partir do 8º elo. Os jogadores testaram a hipótese e o professor se limitou a acompanhar as jogadas, confirmando quem ganhava e quem perdia a partir da marcação do 8º elo. O professor perguntou se os alunos queriam jogar mais partidas ou se já estava claro a eficiência de marcar o 8º elo. Os jogadores rapidamente balançaram a cabeça sinalizando que não havia mais necessidade de continuar jogando. A hipótese do 8º elo estava confirmada por ambos.

(112) Prof – Vamos testar esta percepção do P? Ao invés de começar o jogo do início vamos começar ... de que elo mesmo? ... P e J - do 8º.

(\*\*\*\*)

(112) Prof – Terminou ? Funcionou o 8º elo ? Quem conseguiu o 8º?

(113) J – Eu.

(114) Prof – E ele (P) conseguiu te ganhar ?

(115) J – Não.

(116) Prof – Então agora ele (P) começa com o oitavo e vê se tu (J) consegue ganhar dele

(\*\*\*\*)

(116) Prof – A J ganhou de novo ? Tu (P) começastes com o 8º e ela (J) te ganhou ?

(117) P – Não.

(118) Prof – Vocês querem testar mais esta hipótese ? ou não ? (J e P - Balançam a cabeça que não).

Nota-se que a conclusão do teste proposto pelo professor é quase imediata, pois os jogadores já dominavam o raciocínio lógico-aritmético necessário. Por isso o professor se limitou a aguardar as conclusões dos jogadores. O padrão interativo foi do tipo I-R-E. Percebe-se neste episódio que os alunos chegaram rapidamente aos resultados esperados. A aprendizagem de mais um passo da solução otimizada do jogo recebeu toda a influência das interações anteriores, durante os 10 segmentos do episódio I.

### **Episódio III**

#### **Turnos 119 – 129**

##### **Segmento 1**

##### **Turnos 119-124.**

O professor fez uma recapitulação de todos os passos para a solução otimizada construídas até então na interação entre ele e os jogadores (T 119). Introduziu uma nova questão (T 121). P quebrou o silêncio de uma partida e disse: “Quem chegar no 3º, chega no 8º” (T 122). O professor interveio após a fala de P e fez a pergunta que fechou a construção da solução otimizada do jogo: “Prá chegar no 3º elo, se tu saístes, quantas marcas vais ter que fazer? (T 123). P responde imediatamente que deverá fazer três marcas (T 124).

(119 ) Prof – Então vamos fazer uma recapitulação daquilo que agente conseguiu captar. É ...o 13º elo é importante. Quem conquista o 13º fatalmente ganha o jogo. E aí tentamos

responder uma segunda questão: Como chegar ao 13º elo? ... E qual foi a conclusão que chegamos agora?

(120) P - (interrompe a fala do professor e diz:) quem marca o 8º.

(121) Prof – Então não surge uma outra pergunta naturalmente?. Qual é a pergunta?

(Silêncio).

(121) Prof – Eu tenho que chegar ao 13º. Prá chegar no 13º, tenho que chegar no .... no 8º.

(121) Prof – Como chegar no 8º seria a próxima questão. Então vamos continuar jogando e tentar descobrir como você chega no 8º elo. Próxima tarefa, vamos lá.

(\*\*\*\*)

(122) P – Quem marcar o 3º, chega no oitavo.

(123) Prof – Agora, o seguinte: Prá chegar no 3º elo, se tu saístes, quantas marcas vais ter que fazer?

(124) P – Três marcas.

Nota-se que P chegou à descoberta de forma independente. Entretanto, o estabelecimento do sub-objetivo – como chegar sempre ao 8º elo – ainda esteve na dependência da intervenção do professor. Mas, desta vez, o professor só precisou formulá-lo. No primeiro momento, em que o professor procurou estabelecer o sub-objetivo, o padrão interativo foi do tipo I-R-F-R-A . Daí em diante, o padrão interativo foi do tipo I-R-E.

### 3.12. Discussão

*Qual o papel das interações professor-aluno na construção da solução lógico-aritmética otimizada de um jogo com regras ? (O Nim).*

Os resultados mostraram *três momentos diferentes* do processo de construção da solução otimizada do jogo do Nim: formular hipóteses; selecionar, aplicar e justificar hipóteses e transferir o mesmo raciocínio para a formulação de novas hipóteses. Cada momento caracteriza-se por ações distintas do professor e dos alunos, numa construção compartilhada que avança, gradativamente, em direção à solução que desafia os jogadores.

O primeiro momento, que inclui os segmentos 2 e 3 descritos e analisados nos resultados, é caracterizado pela ação de “*formular hipóteses*”. Por um lado, o professor solicita que os alunos elaborem hipóteses, sugere hipóteses, pede que um aluno avalie a resposta do outro e solicita respostas mais precisas. Por outro lado, de forma articulada às ações do professor, os jogadores formulam hipóteses, contestam o colega e reformulam hipóteses.

Neste primeiro momento, os alunos formularam e reformularam hipóteses. J considerava que a partida se resolvia no final, depois nos últimos quatro elos. P achava que quem começava ganhava, depois, que a partida era decidida pelo meio da corrente e, finalmente, que quem marcasse o 13º elo decidia o jogo. Neste momento, o professor avaliou apenas uma vez as hipóteses formuladas pelos alunos ao final do segmento 2 . Além disso, o professor solicitou que eles as explicitassem ou tornassem-nas mais precisas e solicitou a avaliação de um aluno sobre a resposta de outro. As intervenções do professor

foram, predominantemente, no sentido de “checar o entendimento dos alunos” numa “abordagem interativa dialógica” (de acordo com as categorias de Mortimer e Scott, 2002).

O segundo momento, que inclui os segmentos de 4 à 10 do episódio I, é caracterizado pelas ações de “*seleccionar, aplicar e justificar hipótese*”. O professor seleciona a hipótese de marcar o 13º elo; verifica se ela foi aplicada; avalia o desempenho dos jogadores; solicita que um jogador avalie a resposta do outro, chamando atenção para o resultado de aplicá-la ou chamando atenção para todas as possibilidades de jogadas depois de tê-la aplicado, além de sugerir que um jogador imite o outro. O professor também relembra o objetivo da atividade (descobrir a estratégia otimizada). O desempenho dos alunos neste momento foi diferente. P, inicialmente, estava confuso em relação às hipóteses que tinha formulado e perdia oportunidades de marcar o 13º elo. Depois de ser avaliado pelo professor passa a marcá-lo com mais frequência, torna-se capaz de apontar o erro da colega e se beneficiar com ele. J perde oportunidades de marcar o 13º elo até o segmento 9, só então se mostra convencida da hipótese de marcar o 13º elo, depois de ter sido várias vezes avaliada pelo professor, participando com ele de todas as simulações de jogadas.

Neste segundo momento, a intenção do professor era que os alunos percebessem que quem marcasse o 13º elo tinha todas as chances de ganhar o jogo. As intervenções do professor podem ser categorizadas, segundo Mortimer e Scott (2002), como “seleccionar significado”, “compartilhar significado” e “rever o progresso da história científica”. Selecionar a hipótese de P de marcar o 13º elo (segmento 4). Compartilhar o significado de que há uma relação entre marcar este elo e ganhar o jogo, mostrando a relação da jogada com o resultado, e, além disso, explorando todas as possibilidades de jogadas a partir do 13º. elo. Rever o progresso, lembrando o objetivo da atividade e o que foi alcançado neste momento. O padrão interativo foi, predominantemente, do tipo I-R-A, as avaliações

do professor tornaram-se mais freqüentes que no momento anterior, ainda que em alguns segmentos não ocorra uma avaliação explícita por parte do professor. Em termos das categorias de Mortimer e Scott (2002) predominou a intervenção de “compartilhar significados” e uma abordagem “interativa de autoridade”.

As simulações de possibilidades de jogadas a partir do 13º elo (T 45-46; 54-57; 58-65 e 78-84) correspondem a 30% do total de turnos dos segmentos incluídos neste segmento (70 turnos, dos segmentos 4 a 10), confirmando certa ênfase nesta forma de intervenção do professor e neste tipo de padrão interativo.

O terceiro momento, que inclui os segmentos 1 e 2, do episódio II, e o segmento 1, do episódio III, caracteriza-se pela ação de “*transferir o raciocínio aprendido anteriormente para a elaboração de novas hipóteses*” e a conquista de novos passos na descoberta da solução otimizada. O professor, por um lado, lembrou o objetivo da atividade e a descoberta anteriormente realizada; questionou os alunos sobre o próximo passo a ser dado; propôs o novo objetivo; questionou sobre a convicção que os alunos tinham sobre as hipóteses formuladas; apoiou a simulação de jogadas. Os alunos, por outro lado, chegaram a formular e justificar as novas hipóteses, dando os passos que faltavam para completar a descoberta da estratégia otimizada.

Neste terceiro momento, a intenção do professor foi levar os alunos a formularem, de forma mais independente, as hipóteses que completavam a descoberta da estratégia otimizada. De acordo com as categorias propostas por Mortimer e Scott (2002) suas intervenções podem ser categorizadas como “rever o progresso da história científica”, “checar o entendimento dos alunos” e “compartilhar significados”. Rever objetivo geral da atividade e o progresso que juntos tinham realizado até aquele momento. Checar o entendimento dos alunos sobre seus planos para o próximo passo a ser dado e, após ter definido o objetivo, checar suas hipóteses. Compartilhar significados, uma vez que os

alunos não formularam, ao menos verbal e explicitamente, os novos objetivos a serem alcançados. Foi o professor quem estabeleceu que era preciso descobrir como chegar sempre no 13º elo e, depois, como chegar sempre no 8º elo. Apesar de, no momento da formulação dos novos objetivos, a abordagem comunicativa ter sido, segundo as categorias de Mortimer e Scott (2002), interativa de autoridade, predominou neste momento a intervenção de checar o entendimento dos alunos numa abordagem interativa dialógica.

Em todos os momentos da construção da estratégia otimizada foram observadas transições genéticas. Os resultados mostraram como os padrões interativos propiciaram a construção de uma forma de raciocinar necessária para ser bem sucedido no jogo e de como essa forma de raciocinar foi transferida do plano social para o plano individual.

O número de turnos de fala até a primeira descoberta (necessidade de marcar o 13º elo) foi muito maior que o número de turnos até a segunda descoberta (marcar o 8º elo) e desta para a terceira (marcar o 3º elo). Até a primeira descoberta foram 92 turnos, até a segunda, 26 turnos e, até a terceira, 6 turnos. Além disso, nos dois últimos episódios, diferentemente do primeiro, observou-se que os alunos chegaram sem muita dificuldade às respectivas descobertas e testaram suas hipóteses depois que o professor sugeriu. Estes resultados indicam que ocorreu uma aprendizagem na primeira descoberta e que ela foi transferida para as outras duas descobertas.

A abordagem comunicativa foi sempre interativa, sendo, no primeiro momento, predominantemente dialógica, no segundo, predominantemente de autoridade e, no terceiro, predominantemente dialógica. Estes resultados são de certa forma semelhantes a outros estudos encontrados na literatura de pesquisa no ensino de ciências (ex. MORTIMER E SCOTT, 2002).

E o que tudo isso tem a ver com a educação matemática? O conhecimento matemático requerido para jogar o Nim parece estar muito aquém dos conteúdos da 6ª.

série cursada pelos alunos. A rigor, os alunos só precisariam saber fazer marcas de 1 a 4, contando os elos da corrente. O que então eles estão aprendendo de matemática nesta atividade?

Em primeiro lugar, os alunos não estavam simplesmente jogando o Nim. Eles tinham um problema: descobrir uma estratégia para vencer o jogo sempre. Se os alunos jogassem sozinhos, talvez algum deles ou ambos chegassem nesta estratégia de forma independente, mas isso certamente levaria mais tempo (o que não quer dizer que seria menos produtivo do ponto de vista da aprendizagem). Talvez desistissem do jogo antes de alcançá-la.

Em segundo lugar, para solucionar o problema, apesar de não precisarem de um conhecimento matemático sofisticado, mas, fundamentalmente do processo de subtrações sucessivas, do conceito de divisão com a valorização do resto na divisão exata, do conceito de divisibilidade, multiplicidade e cálculo mental, os alunos necessitavam *relacionar suas ações com os resultados obtidos e testar possibilidades de ações que lhes levassem a resultados favoráveis*, ou seja, além de refletir sobre porque ganhou ou perdeu o jogo, cada aluno teria de *refletir sobre como fazer para ganhar todas as vezes*. É muito difícil para um jogador conservar na memória todas as jogadas que realizou e seus resultados, porque, enquanto joga outras partidas, passa o tempo e muitos outros fatos ocorrem e podem distrair sua atenção. Ele precisa representar estas combinações de jogadas e resultados para continuar atento a eles. Ele poderia *registrar por escrito suas jogadas* e os resultados obtidos para que, em dado momento ou permanentemente, pudesse refletir sobre os mesmos. Ou ele poderia, a partir de uma jogada bem sucedida, *analisar verbalmente todas as possibilidades de suas jogadas* e das de seu oponente. Em ambos os casos, a solução do problema passa, então, do *plano da ação* para o *plano da representação*. Trata-se de levantar, sistematicamente, todas as suas possíveis jogadas, as respostas do oponente e os

resultados. Fazendo isto, o jogador pode chegar a uma convicção de que certas jogadas são decisivas para a consolidação da estratégia otimizada. Neste sentido, segundo Grandó (2000), “...para desenvolverem tal estratégia, os sujeitos necessitam construir habilidades de resolução de problemas, explorar o raciocínio hipotético-dedutivo, generalizar soluções e procedimentos, observar regularidades e descrever os resultados através de um modelo matemático” (p.188).

Os resultados do presente estudo mostraram, por um lado, que, mesmo com a ajuda do professor, chamando sempre a atenção dos jogadores para o problema e apoiando-os no raciocínio sobre as possibilidades de jogadas, os alunos da 6<sup>a</sup>. série tiveram dificuldades de formar essa convicção a respeito de marcar o 13<sup>o</sup> elo, primeiro passo na descoberta da estratégia otimizada. Por outro lado, os resultados mostraram que, depois dessa primeira descoberta, o raciocínio foi transferido, com relativa independência, para a seguinte e com uma independência ainda maior da segunda para a terceira.

Acredito que *o equacionamento de problemas matemáticos* envolve testes de possibilidades semelhantes aos encontrados na descoberta da estratégia otimizada do jogo do Nim. Neste sentido, acredito que, ao participarem desta atividade, ainda que os alunos não estejam aprendendo conteúdos específicos de matemática da 6<sup>a</sup>. série, estão desenvolvendo competências e habilidades pertinentes à esse nível de ensino. Além disso, estas competências e habilidades estão sendo desenvolvidas em uma atividade cuja finalidade é conhecida pelos jogadores e os desafia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOFF, L. **A águia e a galinha**. São Paulo: Cortez, 1998.

BRENELLI, R. P. **O Jogo como espaço para pensar: a construção de noções lógicas e aritméticas**. São Paulo: Papirus, 1996.

CANDELA, A. A construção discursiva de contextos argumentativos no ensino de ciências. Em: Cesar Coll e Derek Edwards (Orgs.), **Aprendizagem e discurso em sala de aula: aproximações ao discurso educacional**. Porto Alegre: Artes Médicas, p. 143-69, 1998.

FREITAS, L. de, MORIN, E. e NICOLESCU, B. **Carta de transdisciplinaridade**. 1994. Disponível em: [www.cetrans.futuro.usp.br/cartadatransport.html](http://www.cetrans.futuro.usp.br/cartadatransport.html). Acesso em: 28 mai. 2003.

COLL, C. S. Ação interação e construção de conhecimento em situações educativas. Em \_\_\_\_\_: **A aprendizagem escolar e construção do conhecimento**. Porto Alegre: Artes Médicas, p. 100-15, 1994.

\_\_\_\_\_. **Psicologia e Currículo: uma aproximação psicopedagógica à elaboração do currículo escolar**. São Paulo: Ática, 1996.

COLL, C & ONRUBIA, J. A construção de significados compartilhados em sala de aula: Atividade conjunta e dispositivos semióticos no controle e no acompanhamento mútuo entre professor e alunos. Em: Cesar Coll e Derek Edwards (Orgs.), **Aprendizagem e discurso em sala de aula: aproximações ao discurso educacional**. Porto Alegre: Artes, p.75-106, 1998.

DAVIS, C. **Psicologia na Educação**. São Paulo: Cortez, 1993.

DAMAZIO, A. Cognição Matemática em sala de aula: uma abordagem histórico-cultural. **Revista Educação**. UFSM, v.1, n.22 , p. 85 – 108, 1997.

FREITAS, M. T. de A. **Vygotsky e Bakhtin, Psicologia e Educação: um intertexto**. São Paulo: Ática, 1994.

- FEYERABEND, K. P. **Contra o método**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.
- GIL, P. D. **Formação de professores de Ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Cortez, 1993.
- GERALDI, C. M. G. **Cartografia do trabalho docente: professor-pesquisador**. São Paulo: Mercado de Letras, 1998.
- GRANDO, R. C. **O Conhecimento matemático e o uso de jogos na sala de aula. Estudo de caso**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2000.
- GOÉS, M. C. R. de. **A abordagem microgenética na matriz histórico-cultural: uma perspectiva para o estudo da constituição da subjetividade**. v.20, Campinas: Cadernos Cedes, 2000.
- HÜHNE, L. M. **Metodologia Científica**. Rio de Janeiro: Livraria Agir, 1987.
- ISNARD, C. A. Resta-um, Resta-um e a operação Nim. **Revista do Professor de Matemática**, SBM, v.6, p. 51-2, 1985.
- KISHIMOTO, T. M. **Jogo, brinquedo, brincadeira e educação**. São Paulo: Cortez, 1996.
- KILPATRICK, J. **Fincando Estacas: uma tentativa de demarcar a Educação Matemática como campo profissional e científico**. São Paulo: Zetetiké, v.4, p. 99-120, 1996
- KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. (B. V. Boeria e N. Boeria, Trad.). São Paulo: Perspectiva, 2000.
- LEAKEY, R. **A Origem da Espécie Humana**. Rio de Janeiro: Rocco, 1995.
- LÚRIA, A. R. Diferenças Culturais do Pensamento. Em: L.S. VYGOTSKY; A. R. LÚRIA e A. N. LEONTIEV. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. (pp.39-58). São Paulo: Ícone, 1998.
- LA TAILE, Yves de. **Piaget ,Vygotsky e Wallon: teorias psicogenéticas em discussão**. São Paulo: Summus, 1992.

LIMA, E. L. **Medida e Forma em Geometria**. Rio de Janeiro: Grafitex, 1991.

MASTERMAN, M. A Natureza de um Paradigma. Em LAKATOS e MUSGRAVE, A. **A Crítica e Desenvolvimento do Conhecimento**. São Paulo: Cultrix, 1979.

MERCER, N. As perspectivas socioculturais e o estudo do discurso em sala de aula .Em C.Coll e D.Edwards (Orgs) **Ensino, aprendizagem e discurso em sala de aula: aproximações ao discurso educacional**. Porto Alegre: Artes médicas, p.13-28, 1998.

MORTIMER, E.F & SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. Investigações no ensino de ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2002. Disponível em: [www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista). Acesso em: 23 set. 2003.

MOISÉS, L. **Aplicações de Vygotsky a Educação Matemática**. São Paulo: Papirus, 1997.

MACHADO, S. D. A. **Educação Matemática: uma introdução**. São Paulo: Educ, 1999.

MARTINELLI, M. **Aulas de transformação: um programa de educação em valores humanos**. São Paulo: Fundação Petrópolis, 1996.

MACEDO, L. de. **Aprender com jogos e situações-problema**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

MICOTTI, M. C. de O. O Ensino as Propostas Pedagógicas. Em: Maria Aparecida Viggiani Bicudo.(Orgs.), **Pesquisas em Educação Matemática Concepções e Perspectivas**. São Paulo: Unesp, p.153-167, 1999.

OLIVEIRA, M. K. O Problema da Afetividade em Vygotsky. Em: Y. L. Taille; M. K. Oliveira e H. Dantas: **Piaget, Vygotsky e Wallon: teorias psicogenéticas em discussão**..São Paulo: Summus, p.75-84, 1992.

PERRENOUD, P. **Dez novas competências para ensinar**. São Paulo: Artes Médicas, 2000.

PINO, A . O biológico e o cultural nos processos cognitivos. Em: MORTIMER, E.F. & SMOLK A.L.B. (orgs.) **Linguagem, Cultura e Cognição: Reflexões para ao ensino em sala de aula**. Belo horizonte: Autêntica, p 21-51, 2001.

PIAGET, J. **Comentários de Piaget sobre as observações críticas de Vygotsky concernentes as duas obras: “A linguagem e pensamento da criança” e “ O raciocínio da criança”**. Brasília. Em Aberto, ano 9, n.48., p. 69–77, 1990.

PONTE, J. P. **A investigação sobre o professor de matemática: Problemas e perspectivas**. Conferência realizada no I SIPEM promovido pela SBEM, 2000.

PRIGOGINE, I. **O fim das certezas: tempo ,caos e as leis da natureza**. São Paulo:Unesp, 1996.

RÊGO, T. C. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. Petrópolis:Vozes, 1995.

SMOOTHEY, M. **Atividades e jogos**. São Paulo: Scipione, 1997.

SANTOS, B. S. **Introdução a uma ciência Pós-Moderna**. Rio de Janeiro: Grall, 1989.

\_\_\_\_\_. **Um discurso sobre ciências**. Porto: Afrontamento, 2002.

SANTOS, J. G. W. & ALVES, J. M. **O jogo de Dominó como Contexto Interativo para a Construção de conhecimento por Pré-Escolares**. Psicologia: Reflexão e Crítica, v.13, p.383-90, 2000.

SADER, E. **Século XX: uma biografia não autorizada**. São Paulo: Perseu Abramo, 2000  
SILVA, R. C. **A revisão Khuniana na imagem da ciência**. Revista Educação e Filosofia, Minas Gerais,v.11, p.263-280, 1997.

JAPIASSU, H. **As paixões da ciência: estudos de histórias das ciências**. São Paulo: Letras e Letras, 1991.

SISTO, F. F. **Atuação psicopedagógica e aprendizagem escolar**. Petrópolis: Vozes, 1996.

SCHNETZLER, R. P. **Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens**. São Paulo: Unimep-Capes, 2000.

SERRAZINA, M. de L. **Desenvolvimento profissional do professor de Matemática**. 2000. Portugal: Escola Superior de educação de Lisboa. Disponível em: [www.Scielo.com.br](http://www.Scielo.com.br). Acesso: 17 ago. 2003.

TUNES, E. Os conceitos científicos e o desenvolvimento do pensamento verbal. Em: M.K. Oliveira (orgs.) **Implicações pedagógicas do modelo histórico-cultural**. Cadernos Cedes, v. 35, Campinas: Papirus, p. 29-39, 1995.

VYGOTSKY, L.S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fonte, p. 29-44, 1993.

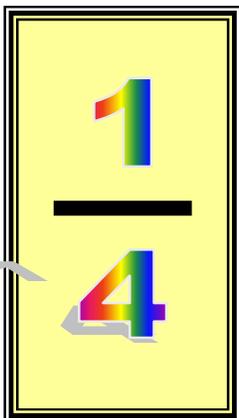
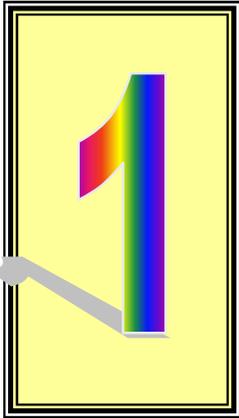
\_\_\_\_\_. **A formação da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

VÓVIO, C. L. Duas Modalidades de Pensamento. Pensamento Narrativo e Pensamento lógico-científico. Em M. B. Oliveira e M. K. Oliveira (Orgs.) **Investigações Cognitivas: Conceito Linguagem e cultura**. Porto Alegre: Artes médicas, p.115-142, 1999.

ZYLBERSZTAJN, A. **Revoluções científicas e ciência normal na sala**. Porto Alegre: Sagra, 1991.

ANEXOS

ANEXO I  
“O BAFRÃO”



$$\frac{2}{5}$$

$$\frac{3}{2}$$

$$\frac{3}{4}$$

$$\frac{3}{5}$$

$$\frac{4}{3}$$

$$\frac{4}{5}$$

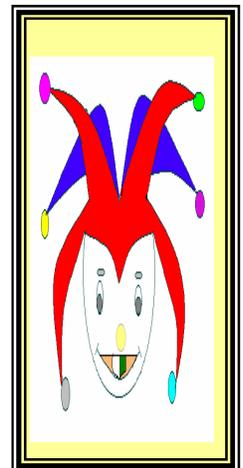
$$\frac{5}{2}$$

$$\frac{5}{3}$$

$$\frac{5}{4}$$

$$\frac{5}{6}$$

$$\frac{6}{5}$$



## Algumas Modalidades do Bafrão

### **Bafrãominó**

O bafrão deverá ser jogado de modo semelhante ao convencional dominó. Um baralho de fração jogado como dominó: Bafrãominó.

*Conteúdo explorado:* leitura de frações, fixação das posições do numerador e denominador e reconhecimento da unidade como denominador de inteiros.

*Objetivo:* “baixar” a última carta.

*Regras do Jogo:* R-1) Um dos jogadores “embaralha as cartas”; R-2) Cada partida pode ser jogada por 2,3,4 ou 6 jogadores. Preferencialmente por 4 ; R-3) Cada jogador deverá receber o mesmo número de cartas de seu (s) oponente (s); R-4) Um dos jogadores inicia o jogo colocando uma de suas cartas sobre a mesa; R-5) O próximo jogador deverá jogar fazendo coincidir numerador com numerador ou denominador com denominador da sua carta com a carta jogada imediatamente antes da sua; R-6) Quem não tiver a carta adequada na sua vez, passa a oportunidade de jogar para o próximo jogador; R-7) Quando o jogo “trancar” como ocorre com o jogo de dominó convencional, nova partida deverá ser iniciada com a pontuação transferida para o vencedor da próxima partida.

### **Arrasta na sorte**

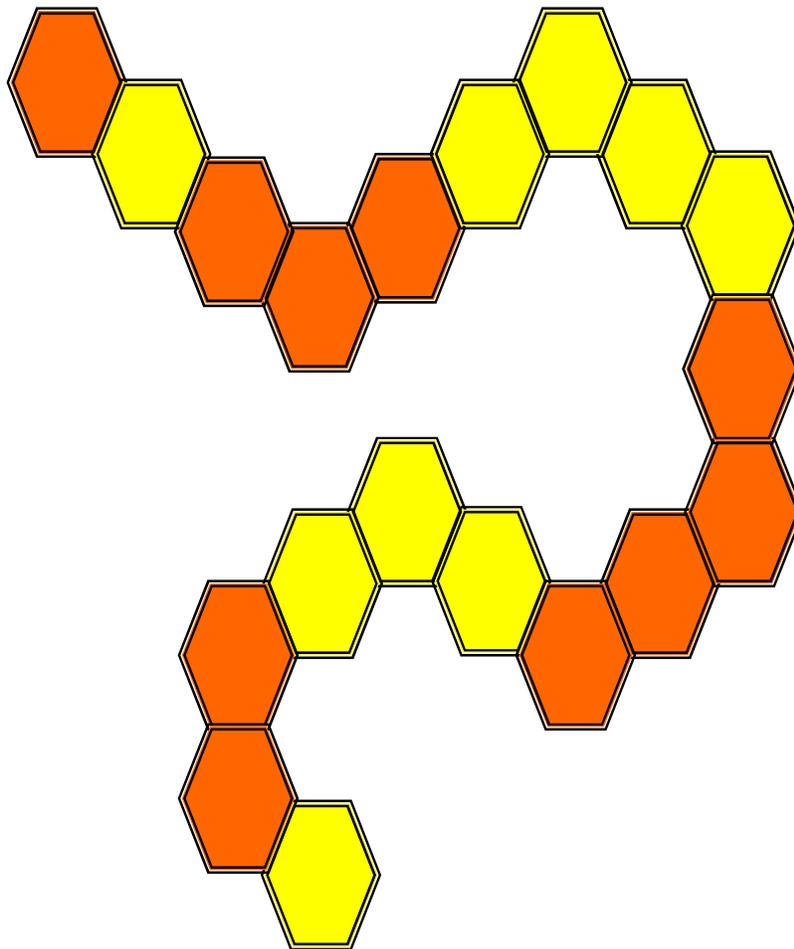
Deverá ser jogado como um baralho convencional com alguns detalhes peculiares descritos através das regras.

*Conteúdo explorado:* Leitura de frações, comparação de frações.

*Objetivo:* Arrastar na sorte o maior número de cartas possível.

*Regras:* R-1),R-2) e R-3) são iguais as regras do Bafrãominó; R-4) Ao receber suas cartas os jogadores deverão mantê-las com a face da fração voltada para baixo. Os jogadores não poderão ver os valores das frações neste momento; R-5) Todos os jogadores descartam uma carta aleatoriamente sobre a mesa com a face da fração voltada para cima. Os jogadores comparam as frações e o jogador a quem pertencer a maior carta “arrasta” todas para si, reservando-as separadamente para a contagem final; R-6) As cartas arrastadas não voltam para a mesa na mesma rodada; R-7) O vencedor é o jogador com o maior número de cartas arrastadas até o final; R-8) Se houver empate os jogadores empatados devem receber a pontuação devida àquela partida.

**ANEXO II**  
**“O JOGO DO NIM”**



## Jogo do Nim

### Material utilizado:

- Um tabuleiro para duas equipes.
- Pincel para quadro magnético de qualquer cor.

**Meta:** Levar o oponente a marcar o último elo.

### Regras:

- As equipes jogam alternadamente.
- Na sua vez, cada equipe pode colocar sua “marca” no mínimo uma e no máximo quatro vezes consecutivas.
- Os elos serão marcados um após o outro do início em direção ao último.
- Ganha a equipe que **não marcar o último elo**.

### Objetivos:

- Desenvolver habilidades de raciocínio indutivo e dedutivo.
- Desenvolver estratégias de resolução de problemas.
- Relacionar a estratégia vencedora com operações aritméticas.
- Promover trabalho em equipe.

### Variações do Jogo:

1. Manter as regras e alterar o número de elos do jogo.
2. Manter o número de elos do tabuleiro e alterar o de elos marcados (mínimo e máximo) a cada jogada.
3. Manter as regras e alterar a meta do jogo.

## Informações Adicionais.

O Jogo da corrente é uma adaptação de um antigo jogo chinês chamado Nim. As regras do jogo são bastante simples podendo ser aplicado desde a pré-escola, sugerem alguns autores. Os alunos deverão jogar várias vezes sempre levando em consideração que não é um jogo de sorte, mas que existe uma estratégia lógica que sempre levará à vitória. A equipe que perceber mais rápido o raciocínio aritmético tem 100% de chance de ganhar.

Isnard (1985) aponta a estratégia otimizada a partir de quatro passos:

1. Passo: Comece o jogo marcando três elos consecutivos.
2. Passo: Após as marcações de seu oponente, faça marcas até atingir o oitavo elo (Note que isso sempre será possível se você sair jogando com três marcas, conforme as orientações).
3. Passo: Após as marcações de seu oponente, faça marcas até atingir o 13º.
4. Passo: Neste ponto seu oponente estará “liquidado”, observe:
  - Seu oponente faz uma única marca, você faz quatro marcas e ele será obrigado a marcar o último elo.
  - Seu oponente faz duas marcas, você faz três e ganha o jogo.
  - Seu oponente faz três marcas, você faz duas e ganha o jogo.
  - Seu oponente faz o número máximo de marcas, quatro, neste caso, você marca apenas uma vez e também ganha o jogo.