

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO  
LINHA DE INVESTIGAÇÃO: EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS**

**O PENSAMENTO OPERATÓRIO FORMAL E O ENSINO  
DE EXERCÍCIOS DE ECOLOGIA: Um Estudo de Caso**

Dissertação Submetida ao Colegiado do Curso de Mestrado do  
Centro de Ciências da Educação da Universidade Federal de  
Santa Catarina.

**Mestrando: ADEMIR JOSÉ ROSSO**

**Orientador: Prof. Dr. JOSÉ ERNO TAGLIEBER.**

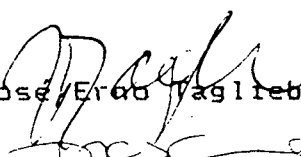
Florianópolis, março de 1993.

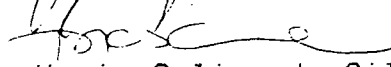
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO  
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO

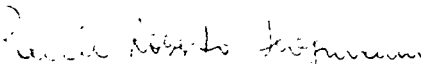
PENSAMENTO OPERATÓRIO FORMAL E O ENSINO  
DE EXERCÍCIOS DE ECOLOGIA: UM ESTUDO DE CASO

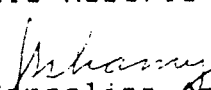
Dissertação submetida ao Colegiado  
do Curso de Mestrado em Educação do  
Centro de Ciências da Educação em  
cumprimento parcial para a obtenção  
do título de Mestre em Educação.

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 27/04/93

  
Prof. Dr. José Erno Yaglieber (Orientador)

  
Profª. MSc. Maria Celina da Silva Crema (Co-orientadora)

  
Prof. Dr. Paulo Roberto Petersen Hofmann (Examinador)

  
Profª. Drª. Gersolina Antônia Avelar Lamy (Examinadora)

  
Prof. Dr. Norberto Jacob Etges (Suplente)

ADEMIR JOSÉ ROSSO

Florianópolis, Santa Catarina  
Abril/1993

## AGRADECIMENTOS

**A Aline Louize e Neiva, filha e esposa, pela paciência, incentivo e apoio.**

**A José Erno Taglieber, Maria Celina da Silva Crema, André Valdir Zunino, Cenira Ribeiro Silva, Heitor Verardi e Hermínio Bruno Schmidt e, com eles, a todos os meus grandes professores.**

**A Áurea O. Silva e Juçara T. Cabral e, com elas, a todos os meus colegas de Curso.**

**A Vera Lícia Vaz Arruda e Tânia Tarabini Castellani e, com elas, a todos aqueles que participaram como sujeitos da pesquisa e colaboraram na concretização deste trabalho.**

## RESUMO

Esta dissertação é um estudo de caso sobre o Pensamento Operatório Formal desenvolvido junto aos calouros do Curso de Biologia da Universidade Federal de Santa Catarina, para compreender intensivamente a manifestação e o funcionamento de algumas estruturas mentais do Pensamento Operatório Formal em situações de ensino-aprendizagem. No contexto da pesquisa buscou-se deslocar os conhecimentos do Pensamento Operatório Formal do plano teórico para o dia-a-dia do ensino das disciplinas biológicas tendo como pano de fundo o enfoque ecológico e o desenvolvimento das estruturas formais. Para atingir os objetivos propostos, foram utilizados passagens de aulas, provas e testes escritos e entrevista clínica como instrumentos de pesquisa, buscando a coerência interna entre eles do ponto de vista clínico, auxiliados pela análise de conteúdos. O problema investigado é fundamental e merecedor de destaque tanto para o desempenho no Ensino Superior como para avaliar a contribuição do processo escolar no desenvolvimento mental dos indivíduos. A teoria piagetiana é um referencial capaz de explicar e corroborar a solução de muitos problemas psicopedagógicos do 3º. Grau. Em suma, pode-se afirmar como tese que o ensino das disciplinas biológicas que garante desequilibrações, associadas a procedimentos operatórios, favorece a construção ativa de conhecimentos, a autonomia intelectual e o desenvolvimento mental.

## ABSTRACT

This thesis consists of a case study about formal operational thinking. The subjects in this study were Biology freshmen at Universidade Federal de Santa Catarina. The purpose of the investigation was to understand the manifestation and the functioning of some mental structures of the formal operational thinking in teaching-learning situations. Within the context of the study the researcher tried to transpose the knowledge from the theoretical level to the practical level to the everyday teaching of the biology subjects having as background the ecological focus and the development of the formal structures. To attain the objectives proposed, events in class as well exams, written tests and clinical interviews were used as research instruments. A content analysis was performed on the data, with a focus on the internal coherence among the instruments. The problem investigated deserves more attention than it was reviewed so far both in the teaching performance in higher education and in the evaluation of the contribution of school in mental development of individuals. Piagetian theory provides a rationale that may explain and help find solutions for many psychopedagogical problems in higher education. In summary, it could be stated that the teaching of the Biological disciplines that provides disequilibrium associated to operative procedures, enhances active construction of knowledge, intellectual autonomy, and mental development.

# PLANO DE ASSUNTOS

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	8
<b>CAP. I - O PROBLEMA ESTUDADO</b>	
1.1. Introdução .....	10
1.2. Apresentação do Problema e Justificativa do Objeto de Estudo. ....	11
1.3. Formulação do Problema.....	17
1.4. Objetivos do Estudo.....	17
1.5. Hipóteses.....	17
<b>CAP. II - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	
2.1. Introdução .....	18
2.2. Aspectos Genéricos do POF. ....	20
2.3. Algumas Estruturas do POF.....	21
2.3.1. A Combinatória.....	21
2.3.2. O Grupo das Duas Reversibilidades .....	23
2.3.3. Dissociação dos Fatores e a Exclusão.....	24
2.3.4. Esquemas Operatórios Formais. ....	25
2.3.4.1. Sistemas Duplos de Referências.....	25
2.3.4.2. Proporções.....	25
2.3.4.3. As Noções Probabilísticas.....	26
2.3.4.3.1. Correlação .....	26
2.4. A Construção do POF.....	28
<b>CAP. III - FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA DA PESQUISA</b> .....	31
<b>CAP. IV - DADOS COLETADOS</b>	
4.1. Teste Escrito e Entrevistas .....	38
4.1.1. Questão nº 1 .....	39
4.1.1.1. Caracterização das Respostas Coletadas no Teste Escrito .....	39
4.1.1.2. Dados Coletados na Entrevista .....	40
4.1.2. Questão nº 5 .....	42
4.1.2.1. Caracterização das Respostas dadas no Teste Escrito .....	42
4.1.2.2. Respostas Coletadas nas Entrevistas.....	45
4.2. Passagens de Aulas .....	49

4.2.1. Passagem nº 1.....	50
4.2.2. Passagem nº 2.....	51
4.2.3. Passagem nº 3.....	52
4.2.4. Passagem nº 4.....	53
4.3. Questões de Provas.....	55
4.3.1. Motivos da Escolha.....	55
4.3.2. Cuidados e Requisitos de Análise.....	56
4.3.3. Questão nº 1.....	57
4.3.3.1. A Resposta.....	57
4.3.3.2. Respostas Dadas Pelos Alunos.....	58
4.3.3.3. Estruturas Mentais em Jogo.....	61
4.3.4. Questão nº 4.....	61
4.3.4.1. Estrutura da Resposta Esperada.....	62
4.3.4.2. Por uma Proposicional.....	62
4.3.4.3. Comentários Relativos ao Assunto e Análise do Ponto de vista das Estruturas do POF.....	63
<b>CAP. V- ANÁLISE DE DADOS.....</b>	<b>68</b>
5.1. Dos Instrumentos de Pesquisa.....	68
5.2. Aspectos Genéricos do POF.....	70
5.3. A Combinatória.....	72
5.4. Dissociação dos Fatores e a Exclusão.....	73
5.5. Proporções.....	74
5.6. Probabilidade.....	75
5.7. Correlação.....	76
5.8. Sistemas Duplos de Referências.....	77
5.9. Ligações com o Psicopedagógicos.....	78
5.10. E as Hipóteses?.....	83
5.11. Respondendo o Problema.....	85
<b>CAP. VI - CONCLUSÕES.....</b>	<b>87</b>
6.1. Continuidade da Pesquisa.....	89
6.2. Implicações Pedagógicas.....	90
<b>BIBLIOGRAFIA. <i>Comunidade</i>.....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>98</b>

## APRESENTAÇÃO

Os mestrandos em geral, o quando iniciam o Mestrado desejam mudar todo o sistema educacional e/ou a sociedade, mas com o passar do tempo se contentam em mudar a Escola, para finalmente promover a mudança fundamental, de si próprios como educadores. Ao apresentarmos esta dissertação, temos a consciência dessa mudança atuando, graças ao desenvolvimento teórico e à pesquisa que realizamos.

De um professor de Biologia/Botânica, como nós, ao sair do dia-a-dia de um ensino desgastante para refleti-lo mais profundamente e retornar a ele com novos elementos, exige-se a passagem por um processo de imersão na realidade estudada, antecedido por um processo de alfabetização histórico-filosófico-sociológico da Educação Brasileira e da Científica como contexto básico. Por outro lado, é também necessário passar por um prisma teórico adequado e capaz de dar conta do problema que se propõe pesquisar, garantindo-lhe a especificidade e a profundidade requeridas na sua análise o que, no nosso caso, nos foi possibilitado pela teoria piagetiana.

Antes do Curso de Mestrado e da realização da presente pesquisa, vivemos uma experiência pedagógica de cinco anos de ensino de 3º. Grau, principalmente de Botânica, nas Licenciaturas de Ciências e Biologia e oito anos de ensino de Biologia no 2º. Grau.

A meta de nossa prática pedagógica, voltada para o desenvolvimento dos processos de raciocínio e inteligência, tanto de alunos do segundo como de terceiro graus, foi, sem dúvida, o fato gerador, o motivo da escolha do Pensamento Operatório Formal (POF) e do funcionamento de algumas de suas estruturas mentais como o tema central desta dissertação.

A pesquisa um estudo de caso com fundamentação Clínica que explora intensivamente o problema sem a pretensão de esgotá-lo, mas sim de compreendê-lo na singularidade do contexto psicopedagógico.

A Dissertação propõe-se a atingir três **objetivos específicos**: 1) identificar as estruturas de POF que se manifestam nos alunos que iniciam o Curso de Biologia da UFSC, ligadas ao ensino de Exercícios de Ecologia; 2) determinar momentos em que se tornam necessárias as estruturas de POF no desenvolvimento da disciplina de Exercícios de Ecologia; 3) sugerir estra-



tégias de ensino-aprendizagem às disciplinas introdutórias nos Cursos de 3º. Grau para que os alunos pensem com estratégias de POF.

### Organização dos Capítulos

O **Capítulo I** apresenta o problema que gerou a pesquisa, seu enunciado, os objetivos, as hipóteses e sua importância no confronto de outros estudos relativos ao POF, com o construtivismo e o caráter interdisciplinar e epistemológico da Botânica/Ecologia.

O **Capítulo II**, o da Fundamentação Teórica, é iniciado por uma sinopse da ontogênese mental e dos fatores que atuam na sua construção. O POF, propriamente dito, é tratado explicitamente nos seus aspectos genéricos e detalhado em algumas de suas estruturas. Terminamos o capítulo apresentando os fatores que contribuem na construção do POF.

Com o título de Fundamentos Metodológicos da Pesquisa, apresentamos, no **Capítulo III**, as definições de ordem metodológica, as etapas de realização da pesquisa, os instrumentos da coleta de dados, as razões da escolha dos sujeitos da pesquisa e a forma como serão tratados os dados coletados.

O **Capítulo IV**, dos Dados Coletados, além de apresentar os dados propriamente ditos, faz ligação com a fundamentação metodológica ao explicitar mais detalhadamente os motivos da escolha dos instrumentos de pesquisa e os requisitos necessários para analisá-los. Esse capítulo também está ligado intimamente com o capítulo de Análise dos Dados por dar-lhes um tratamento preliminar.

A análise dos dados, coletados no período de maio de 1991 a agosto de 1992, é apresentada no **Capítulo V** que, além de mostrar o tratamento mais detalhado dos dados, se estende na análise dos instrumentos de pesquisa e procura, numa subunidade mais longa, estabelecer ligações com o contexto psicopedagógico.

As conclusões possíveis, abstraídas da análise dos dados e do desenrolar da pesquisa, estão presentes no **Capítulo VI**. Além das conclusões, apresentamos um conjunto de possibilidades de continuação da pesquisa que, "a priori", já se constituem em projetos de investigação a serem desenvolvidos ao longo dos próximos anos. Dada a motivação ou orientação assumida na pesquisa, não poderíamos deixar fora desse capítulo alguns indicativos pedagógicos extraídos do trabalho desenvolvido.

# CAP. I – O PROBLEMA ESTUDADO

## 1.1. INTRODUÇÃO

A importância da realização desta pesquisa manifesta-se pelo fato de a maioria das pesquisas anteriores, nacionais e internacionais, sobre o POF (Pensamento Operatório Formal) estarem associadas mais a outras áreas de conhecimento (TEXLEY & NORMAN Jr., 1984) que à própria Biologia/-Botânica e/ou dissociadas do enfoque ecológico necessário e do ambiente natural da sala de aulas. Contrária à tendência destas pesquisas, que enfatizam, em diferentes graus, os aspectos psicométricos (PRATT & HACKER, 1984; FARMER et al., 1982), realizamos uma investigação que confrontou permanentemente os princípios do Método Clínico com a realidade do dia-a-dia do desenvolvimento de uma Disciplina Biológica.

Também, se considerarmos que o conjunto das pesquisas brasileiras baseadas na teoria piagetiana reproduzem a pirâmide da população e dos resultados escolares, podemos dizer que elas se concentram mais na área da pré-escola e das séries iniciais, com um vínculo quase automático com motricidade, material concreto, alfabetização, alguns testes de conservação, etc. Em quantidade já bem menor, encontramos pesquisas associadas à fase final do POC (Pensamento Operatório Concreto). Mais reduzido ainda é o número de estudos, dissertações e teses relacionados com o nível do POF (KUHN, 1979).

Nesse sentido, o desenvolvimento desta dissertação busca contribuir com o ensino de 3º. Grau, especialmente por ampliar um espaço muito pouco comum - o da reflexão de seus aspectos psicopedagógicos (BIREAUD, 1990). Contribui para o ensino de 3º. Grau, porque propõe um retrato das condições operatórias dos alunos que a ele aportam. Também pode contribuir para o ensino de 2º. Grau, na medida que, possibilita uma visão retrospectiva que enseta transformações curriculares e metodológicas para um período especialmente propício para a construção das estruturas mentais formais (TUYAROT et al., 1990).

Por outro lado, nossa amostragem é sociologicamente limitada por representar uma porção privilegiada de alunos, os que chegam ao nível superior em escola pública e gratuita, quando a maioria dos alunos do sistema gratuito de ensino não chegam sequer ao 2º. Grau. Os sujeitos desta pesquisa, representam, pois, uma minoria socialmente privilegiada que, podendo pagar no sistema particular de ensino de 1º. e 2º. Graus e/ou cursinho pré-vestibular, chegam à univer-

cidade pública e gratuita. Mas mesmo representando uma amostragem restrita, tanto pelo número de alunos pesquisados quanto pela temática envolvida na investigação, ela motiva e potencializa uma série de reflexões relativas ao sistema de ensino brasileiro no que tange à ontogênese mental desses alunos até seu ápice - o Pensamento Operatório Formal.

## 1.2. APRESENTAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO OBJETO DE ESTUDO

Elaboramos o projeto de pesquisa, mantendo uma constante triangulação da experiência pedagógica entre ensino de Botânica, Ecologia e Pensamento Operatório Formal fundamentados nos fatos de que: 1) filogeneticamente a Ecologia estruturou-se como ciência a partir do conhecimento de outras ciências, entre elas a Botânica; 2) um ensino efetivo de Ecologia engloba atitudes práticas e conscientes de preservação, fato que só é possível dentro de um quadro muito mais lógico-matemático do que apenas o afetivo como imaginam alguns educadores; e 3) quanto mais formalizados e correlacionados os conteúdos de Botânica com o ambiente, mais claras se tornam as suas implicações e interações ecológicas. Assim o ensino da Botânica, baseado nas estruturas do POF, favorece a compreensão da Ecologia e o desenvolvimento mental dos alunos. O desenvolvimento e o uso das estruturas formais, dada a sua natureza reticular ou de látice, atuam como uma matriz capaz de ampliar as possibilidades de compreensão lógica da Botânica, da Ecologia ou de qualquer outra ciência (LAWSON et al., 1991).

No interior dessa experiência educativa, percebíamos que poucos alunos relacionavam fatos observados e conteúdos estudados; estes fatos percebidos e a explicação dos mesmos; os conhecimentos estudados e suas vidas e os conhecimentos botânicos/biológicos com um contexto maior - o meio ambiente. Essas lacunas ("vazios", "gaps") encontradas no dia-a-dia dos alunos ao relacionarem as noções estudadas com o mundo próximo, pessoal, bem como o remoto, denunciavam um distanciamento entre o real teoricamente possível, realizável, e o experimentado ou vivido no cotidiano escolar.

Constatamos ainda que grande maioria dos alunos que chegam ao Ensino Superior, desconhecem ou não integram, de forma global os "conhecimentos armazenados" a respeito da importância primária e fundamental dos vegetais na acumulação da energia solar e na síntese de matéria orgânica, indispensáveis para todos os animais e que a vida na Terra não seria viável sem o processo fotossintético. Por outro lado, eram portadores de "slogans" originados na mídia eletrônica como "o verde é vida", "salve o verde"... cujos significados reais nem sempre conse-

guiam explicitar.

Para nós passou a ser dado que esse "vazio existente entre o real e o possível" resulta do ensino que se desenvolve, calcado sobre "gravações" de fatos esparsos e desconexos jogados aleatoriamente sobre os alunos e que o ambiente escolar promove uma drástica redução tanto do tempo como das energias disponíveis para o pensamento criativo. Essa prática pedagógica reflete a crença de que a posse quantitativa de fatos determina o conhecimento da realidade, não importando a qualidade e a referência dos mesmos ao cotidiano (FROMM, 1974 e 1981). Podemos dizer que o aluno sofre passivamente a imputação de conhecimentos, sendo alijado e/ou impedido de tomar parte do processo interativo de elaboração e produção progressiva dos seus conhecimentos.

Avançando um pouco mais na análise preliminar do problema, podemos dizer que o processo de ensino-aprendizagem desenvolve-se basicamente sobre o que e como o professor pensa e do que foi possível acumular ao longo de sua experiência educacional. Experiência esta, diga-se de passagem, mais sofrida do que propriamente refletida e é possível até duvidar sobre o que é realmente pensado no sentido pleno que tal ato sugere. Tal realidade pode ser relacionada à anomalia detectada pelas pesquisas realizadas por NOSELLA (1980) e PRETTO (1985) sobre o livro texto, pois este, ao mesmo tempo que preenche as lacunas tanto de conteúdos como de metodologias (KRASILCHIK, 1987), dá ao professor a segurança e a autoridade necessárias, mas em troca disso o transforma no seu "monitor", roubando-lhe a autonomia para decidir "o que ensinar e como ensinar".

Os conteúdos ("produtos ensinados") são atópicos e atemporais, isto é, lineares, ascéticos, desligados da vida do aluno e de outras áreas de conhecimento. Prioriza-se a aprendizagem do produto descontextualizado de sua geração e das ligações com a realidade próxima do aluno (ASTOLFI & DEVALAY, 1990). Este, torna-se alheio ao estudado e ao seu dia-a-dia, impossibilitando o acesso a um saber mais abrangente e em níveis de construção e raciocínios lógicos elevados. Por conseguinte, o aluno é alienado da sua história pela ausência de problematização, reflexão e envolvimento em atividades que lhe sejam pessoalmente significativas (KRASILCHIK, 1987). Este "ensino com ênfase nos fins" como realidade última, decisiva, relega a um plano qualquer os "meios" e o processo construtivo fundamentais para se atingir o "fim" (BURBULES & LINN, 1991; GANDIN, 1989).

Acompanhando o processo geral das relações pedagógicas e da transmissão de conhecimentos, que desconhece o contexto geral das relações sociais, temos uma defasagem de ordem psicológica entre as estruturas mentais atuais dos alunos e as atividades de ensino que poucas vezes consideram e/ou favorecem o seu desenvolvimento. É pouco comum acontecer

uma correlação adequada entre atividades de ensino-aprendizagem e as estruturas mentais formais. Tal fato pode acontecer pela ausência de reflexão pessoal dos educadores sobre a sua "praxis" ou por desconhecer que o seu raciocínio e/ou familiaridade com as noções ensinadas diferem dos do aluno, e isto, acaba gerando um descompasso entre o raciocínio do professor e o do aluno. É exatamente essa a lacuna que delineamos na pesquisa juntamente com o desafio de contribuir para a sua reflexão e análise, e, quiçá, de abrir espaços para que seja merecedora de maior consideração na prática pedagógica do 3º. Grau.

Entre as perspectivas de discussão, a mais comum é buscar a solução de problemas sociais globais e também dos educacionais sob o foco da mentalidade imediatista e interesseira de políticos e até de muitos educadores, através da criação de disciplinas com apoio legal, do tipo "Educação Para" ("Saúde", "Trânsito", "Vocacional", "Trabalho", "Sexualidade"... e, ultimamente na onda ecológica, a "Ambiental" ou "Ecologia"). Só falta a criação da disciplina Ensinar a Pensar! Como sempre, o eixo da discussão desenvolve-se em torno do "conteúdo" (que se deve pôr na cabeça do aluno para determinado fim) em detrimento da atitude fundamental "frente a" (CIMAZ & DUNY, 1978). Põe-se a ênfase na responsabilidade individual ou de grupos. Assim, problemas amplos com natureza sociopolítica tornam-se privados. Nessa armadilha da ideologia, a sociedade se exime dos problemas, delegando-os para a escola. Mantém-se o "status quo" e ocultam-se os fatores extra e intra-escolares geradores dos problemas, dando a impressão de que se quer resolvê-los, mas que a solução é responsabilidade exclusiva dos indivíduos (SIQUEIRA, 1988, MOSER, 1989).

Em nossa experiência com o ensino de Botânica observamos que o desenvolvimento de noções era melhor sucedido quando as atividades de ensino estruturavam-se a partir de aulas práticas no laboratório e da sua problematização e confrontação teórica com os conhecimentos obtidos na Biblioteca e sala de aulas. O princípio prático a partir do qual planejávamos nossas aulas dessa maneira pode ser expresso nos seguintes termos: **a Biologia é uma ciência construída a partir dos problemas observados e das idéias refletidas. Se os conhecimentos se estruturam considerando a problematização e a observação dos fenômenos e se a investigação biológica, ao construir os conhecimentos, o faz com o auxílio de induções, hipóteses e deduções (LEWIS, 1988), nosso ensino poderia seguir na mesma direção, para ser mais efetivo.** Quando isto acontecia, os alunos apreendiam mais e afirmavam: - Assim não precisamos estudar para as provas!

Esse princípio prático que orientava nossas atividades, desconhecido naquela época, hoje é compreendido como possuidor de germes construtivistas. Construtivista porque o conhecimento era visto não como uma entidade autônoma, mas como uma construção, fruto das

interações que ocorrem entre o sujeito e o objeto estudado (PIAGET, 1990). Por isso buscamos o apoio teórico em Piaget: 1) pelo indicativo dos seus estudos relativos à inteligência, tida como uma construção epigenética estruturada em bases orgânicas e nas desequilibrações com o meio físico e social (PIAGET, 1976); 2) pela fundamentação da aprendizagem nos processos assimilatórios internos originados no indivíduo; 3) e, por conseqüência, porque a aprendizagem é individual, original, ativa e centrada no aluno, sujeito epistêmico - o construtor de conhecimentos. Esta compreensão além de garantir um processo personalizante à aprendizagem, é promotora de autonomia intelectual (KAMII & DEVRIES, 1991).

PIAGET (1973, 1976, 1989, 1990) e INHELDER & PIAGET (1976) apresentam o desenvolvimento mental desde o nascimento até a maturidade em fases, caracterizando-as em função das inter-relações das estruturas mentais dadas pela qualidade e o grau de organização presentes em cada estágio. O desenvolvimento da inteligência, considerando suas fases sucessivas, é marcado pelos estágios sensório-motor, pré-operatório, operatório-concreto, e no ápice da ontogênese mental, pelo lógico-formal ou operatório-formal.

A categoria que defendemos para o pensamento no ensino/aprendizagem no 3º. Grau é a do operatório formal, pois consideramos que: 1) os limites espaço-temporais próximos são ultrapassados, liberando o indivíduo do egocentrismo perceptivo e motor; 2) as necessidades não são coisas "dadas" em si mesmas, mas desequilibrações/problemas; ou seja, na busca da solução/resposta, formulam-se hipóteses e o controle de variáveis apresenta-se como conseqüência das relações possíveis; 3) a realidade próxima e imediata passa a ser uma das possibilidades. Em outros termos, maior desenvolvimento no nível lógico de conhecimentos possibilita uma imersão no meio físico (ambiente) e no cotidiano, mantendo a consciência dos antagonismos para emergir com maior lucidez e clareza sobre as realidades físicas e também sociais.

DETTLOF (1987), sobre o ensino de Botânica/Biologia no curso superior, mostrou que "a maioria dos estudantes, das fases iniciais, estão no nível operatório concreto de pensamento e que o ensino se desenvolve com o predomínio do nível formal. Esta tendência conduz ao abandono do curso e das aulas e/ou ao acomodarem-se passivamente" ainda, segundo ela, compensando esta defasagem pela memorização. Esta afirmação se constituiu na premissa que conduziu todo o processo de elaboração do projeto de pesquisa e desenvolvimento teórico em torno do tema proposto para esta dissertação.

LAWSON & WOLLMAN (1976), EHIENDRO (1979), KUHN (1979), CARRETERO (1982), SHAYER & ADEY (1990), STAVER (1984), entre outros pesquisadores, afirmam que, na resolução de tarefas, o pensamento formal é normalmente demonstrado somente por

50% dos adolescentes e mesmo dos adultos, sugerindo ser esse um problema educacional verdadeiro e real, do qual os universitários brasileiros não estão isentos (CAMARGO, 1990; CARRAHER et al., 1991). Os pressupostos biológicos e lógicos são de que as atividades de ensino no 3º. Grau se desenvolvam no nível formal. Mas este inexistente por si só, é o resultado de um processo enraizado em operações concretas do estágio anterior (PIAGET, 1973). Nesse caso, é preciso, como estratégia para se atingir o POF, respeitar o nível psicológico, mantendo-se os vínculos com os objetos para a partir daí, buscar uma construção das noções em nível formal (SCHNEIDER & RENNER, 1980).

Evidencia-se no ensino de Botânica uma insegurança e/ou a dependência dos alunos em suas observações, expressas na necessidade de obter confirmação e/ou aprovação do professor ou de algum texto. Ao observarem o fenômeno a duras penas, constroem a sua descrição. Esse fato denota não só a pouca utilização da habilidade para observar, mas, e principalmente, deve-se a sua associação com o ensino simbólico e linguístico ancorado no livro texto em detrimento de conhecimentos a partir do meio circundante e do próprio corpo (ARAÚJO, 1989). Também neste particular a teoria piagetiana, através da prática construtivista que ela preconiza, pode contribuir decisivamente no sentido da autonomia crescente do indivíduo enquanto sujeito epistêmico e enquanto ser humano (DARÓS, 1990).

Contrariamente ao estereótipo corrente, a integração dos elementos vividos e problematizados pelo aluno constituem as bases materiais indispensáveis para a construção do conhecimento do meio físico, social e lógico-matemático (formalizado). Esse princípio é corroborado pela experiência relatada por FRAGA (1990) que, no atendimento a alunos de "aprendizagem difícil", mediante atividades que visavam à construção do mundo proximal, facilitou o desenvolvimento do pensamento lógico-matemático (maior abstração e/ou formalização). A conclusão a que chegou a pesquisadora é de que, mediante tais atividades é possível a análise do mundo circundante de maneira mais organizada com busca e a solução dos problemas com ações mais operativas.

Desconsiderar os descompassos existentes e aqui apontados entre 1) o ensino de disciplinas fechadas que "vendem produtos" de pensamentos e de um "saber como construir" o conhecimento, e 2) o nível em que teoricamente se desenvolveria o ensino no 3º. Grau e o nível real encontrado nos alunos, transforma o ensino um processo "anacrônico". Ou seja, o professor continuará a se desgastar e a culpar seus alunos de não saberem pensar, e estes a culpar o professor de não saber ensinar. Nessa situação, ambos continuarão a empreender esforços, na maioria das vezes inúteis, para responderem aos desafios que sequer compreenderam. Para os alunos, memorizar, evadir, camuflar conhecimentos, fraudar nas provas para obterem sucesso,

são alguns dos mecanismos mais comuns. Por seu turno, como produto das ações anacrônicas, o professor toma uma gama variada de atitudes e/ou mecanismos como o autoritarismo, a renúncia da autoridade, a de ser um mero informador, ou controlador e classificador, isso quando não envolve os alunos num "pacto de silêncio", simulando ensinar em troca de uma aprovação facilitada ( FURLANI, 1988).

Em resumo, pois, nossa premissa básica é que o "gap" no nível das estruturas mentais, encontrado no início do terceiro grau, caracteriza-se pelo fato de as atividades de ensino desenvolverem-se predominantemente no nível formal, enquanto a maioria dos alunos não completou sua ontogênese mental e alguns deles ainda se encontram no nível operatório-concreto (DETTLOF, 1987, LAWSON 1976, ANDREATTA, 1970, CAMARGO 1990, entre muitos). E essa constatação remete-nos a pesquisar as estruturas de POF que se manifestam nos alunos que iniciam o Curso de Biologia da UFSC, ligadas ao ensino de Exercícios de Ecologia, buscando subsídios de contribuição possível a nível da prática pedagógica, para o desenvolvimento de estruturas formais, levando em consideração o nível psicológico dos alunos.



### 1.3. ENUNCIADO DO PROBLEMA

Tendo como foco de investigação os alunos da disciplina de Exercícios de Ecologia, da primeira fase do Curso de Biologia da UFSC, perguntamos:

- Que estruturas de POF estão presentes nesses alunos e quais destas estruturas são requeridas no ensino-aprendizagem dessa disciplina?
- Que procedimentos podem favorecer a atuação dos professores no sentido de promoverem a aquisição de estruturas mentais de POF?
- O pensamento operatório formal no Ensino-Aprendizagem constitui uma realidade dada, um mito ou uma meta a ser atingida?

### 1.4. OBJETIVOS

1. Identificar as estruturas de POF que se manifestam nos alunos que iniciam o Curso de Biologia da UFSC ligadas ao ensino de Exercícios de Ecologia.
2. Determinar momentos em que se tornam necessárias as estruturas de POF no desenvolvimento da disciplina de Exercícios de Ecologia.
3. Sugerir estratégias de ensino-aprendizagem às disciplinas introdutórias do Curso Superior em todas as áreas para que os alunos pensem com estratégias de POF.

### 1.5. HIPÓTESES

Ao iniciarem o 3º. Grau, parte dos alunos ainda não concluiu a sua ontogênese mental.

Para que os alunos não formais plenos atinjam o nível de POF, exigido nas atividades de 3º. Grau, é necessário que experienciem atividades que partam de um referencial concreto para posterior formalização.

As atividades de ensino-aprendizagem em que predominam os procedimentos operatórios, que respeitam as estruturas mentais dos alunos e garantem desequilibrações - favorecem a aprendizagem integrada, crítica, sem que seja necessário recorrer à memorização mecânica e à simulação dos conhecimentos.

## CAP. II – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

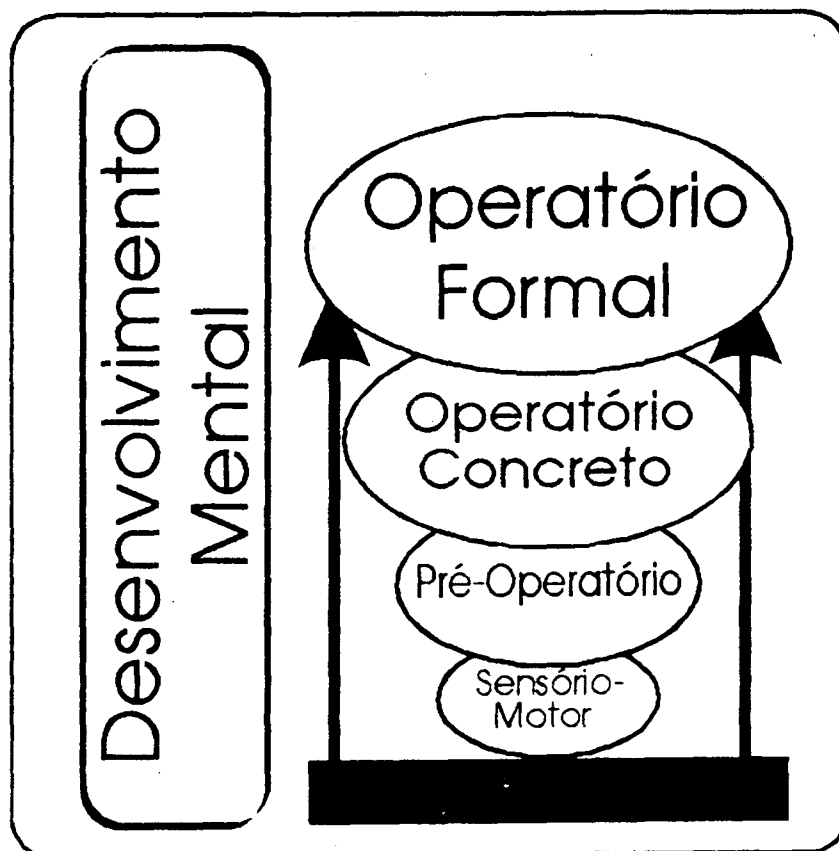
### 2.1. Introdução

Desenvolvemos o capítulo da fundamentação teórica sobre o POF, usando como vigamento mestre a obra "Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente" (INHELDER & PIAGET, 1976), buscando os elementos de contribuição complementar em PIAGET (1973, 1976, 1989 e 1990) e em PIAGET & INHELDER (1989). A síntese que passamos a apresentar é fruto de um esforço simultaneamente analítico/sintético para retirar das obras citadas a compreensão das estruturas formais.

PIAGET (1973, 1976, 1989, 1990) apresenta o desenvolvimento mental, do nascimento até a maturidade como uma construção epigenética que se desenvolve numa seqüência de fases. Cada estágio dessa seqüência origina-se, forçosamente, do anterior (exceto o primeiro) e é necessário para o seguinte (exceto o último, o POF). A cada novo estágio ocorre uma subsunção e reconstrução do anterior, ultrapassando-o com um conjunto mais amplo de estruturas. A caracterização dessas fases dá-se em função das inter-relações das estruturas mentais dadas pela qualidade e grau de organização presentes em cada estágio. A ontogênese mental caracteriza-se pelos estágios sensório-motor, pré-operatório, operatório-concreto e operatório-formal (lógico-formal).

O estágio **sensório-motor** compreende o período do nascimento até os dois anos. Neste estágio encontramos os reflexos determinados pela hereditariedade, as primeiras adaptações interativas com o meio através de reações circulares e combinação de ações.

O estágio **pré-operatório** (de dois a sete anos) constitui uma continuação dos esquemas sensório-motores modificados pela interiorização da ação. Caracteriza-se pela função simbólica dada pelas primeiras representações dos objetos e das ações e pelo aparecimento das operações na forma de intuição. Esse estágio é chamado de pré-operacional por não apresentar noção de conservação física nem reversibilidade nas operações.



**QUADRO N.º 1:** Esquema que representa o encadeamento crescente das estruturas mentais, ressaltando os aspectos da interdependência, da direção e da reestruturação dos níveis do desenvolvimento mental.

O estágio **operatório-concreto** (dos sete anos até o início da adolescência) é aquele em que a criança passa efetivamente da ação para a operação e integra os esquemas de seriação e de classificação dos objetos com a incorporação da reversibilidade e conservação física da matéria, tornando-se lógico-concreto.

O estágio **operatório-formal** marca a possibilidade de ação lógica e consistente em função de idéias, dispensando as bases empíricas e objetos ou a representação dos mesmos, importantes para no operatório-concreto, realizarem operações mentais. Com a liberação do egocentrismo perceptivo, a realidade passa a ser uma das possibilidades. As estruturas operacionais formais ou do POF manifestam-se pelos sistemas combinatório, proporcionalidade, probabilidade, correlação, compensação multiplicativa, equilíbrio mecânico e construções múltiplas de referências entre outras.

Na construção do POF contribuem a maturação do sistema nervoso, a experiência do meio físico, a ação do meio social e a equilibrção. Esta age na forma de auto-regulação interna pela qual equilibra ativamente os fatores da experiência, da maturação biológica e da transmissão social.

## 2.2. Aspectos Genéricos

Podemos detectar o POF pela observação e análise dos processos de pensamento verificáveis através do sistema combinatório, do controle de variáveis, das proposições e do grupo INCR (identidade, negação, correlação e reciprocidade). Também podemos caracterizá-lo genericamente pelo conjunto das estruturas envolvidas no seu mecanismo mental, enquanto tal, em pensamento hipotético-dedutivo, abstrato e formal.

O aspecto abstrato marca a diferença essencial entre o pensamento (operatório) formal e o concreto. Aqui entendemos abstrações não somente no sentido de extrair relações, mas também de acrescentá-las a dados perceptivos, esquemas de ações e propriedades do objeto, como também no sentido que segue, o mais marcante do POF. No pensamento operatório-concreto a natureza das operações está centrada no real (objetos ou representações dos mesmos como esquemas, figuras ou gráficos, por exemplo). As operações concretas consistem na estruturação direta dos dados reais: classificar, seriar, igualar, colocar em correspondência, etc., caracterizando um conjunto de inclusões ou de relações que se limitam a organizar esse conteúdo sob sua forma atual e real. O POF, ao contrário, prescinde da presença dos objetos ou representação dos mesmos, substituindo-os por enunciados verbais, para operar as possíveis transformações ou estabelecimento de relações. Assim a assimilação dos objetos dá-se em função desses desenvolvimentos imaginados ou deduzidos. O POF reflete as operações concretas, isto é, opera sobre operações ou sobre os resultados e, conseqüentemente, agrupando operações de primeiro grau. O POF também é abstrato no sentido em que pode formar abstrações puras e pensar em termos exclusivamente abstratos e verbais.

O pensamento hipotético-dedutivo caracteriza-se pela reflexão livre destacada da realidade e expressa-se através das relações lógicas, sendo possível chegar ao real, encarando o possível como um conjunto de hipóteses a serem testadas, das quais só as confirmadas levarão à realidade buscada. Portanto, é capaz de chegar a conclusões a partir de puras hipóteses e não somente de uma observação do real. Suas conclusões são válidas, mesmo independentes da realidade do fato, por isso, a representação das ações possíveis. O caminho seguido pelo raciocínio é o do possível para o real, que permite examinar cuidadosamente a situação problema, com o fim de determinar quais são todas as possíveis soluções ou situações em que

podem ocorrer e, posteriormente, de tentar descobrir qual delas é a real. Resumindo: o aspecto dedutivo do POF refere-se a hipóteses, com a retirada das conseqüências necessárias, mesmo quando sua verdade experimental não ultrapassa o possível. O trabalho mental consiste em realizar a síntese entre o possível e o necessário, deduzindo com rigor as conclusões de premissas cuja verdade inicialmente é admitida apenas por hipótese. Pode-se dizer que a inteligência progride na direção das deduções; é o pensamento refletindo o próprio pensamento.

O POF é formal no sentido de ser capaz de distinguir a forma do conteúdo numa frase e de considerar a forma de argumentação isolada do conteúdo específico. Essa característica possibilita a construção de qualquer tipo de relações de elementos ou classes reunidas  $n$  a  $n$ . Com esta aquisição o POF torna possível pensar concomitantemente nas relações lógicas de diversos elementos e/ou sistemas.

### 2.3. Algumas Estruturas do Pensamento Operatório Formal

Os caracteres gerais do POF, apesar de serem bastante expressivos, mostram-se insuficientes para descrever sua riqueza e complexidade. Para uma compreensão mais abrangente e intensiva dos processos envolvidos no POF, precisamos explicitá-lo lançando mão de algumas das estruturas mentais características. Por isso, optamos em detalhar melhor a combinatória, o grupo das duas reversibilidades, a dissociação dos fatores com a exclusão e os esquemas operatórios formais expressos pelos sistemas duplos de referência, pelas proporções, pelas noções probabilísticas e pela correlação.

O fato de se tomar determinadas noções para explicitar as operações mentais, deve-se a que tais noções não sejam suficientemente explicadas e compreendidas sem uma estrutura de suporte apoiada no conjunto das operações formais, não que o aspecto formal esteja presente na própria noção.

#### 2.3.1. A Combinatória

O POF manifesta-se pelo conjunto de estruturas reticuladas, solidárias e de grupo que constituem o equilíbrio final, para o qual tendem todas as operações concretas quando se

refletem em sistemas mais gerais que rearranjam e combinam as proposições que expressam.

O sujeito torna-se, por uma diferenciação da forma e do conteúdo, capaz de raciocinar logicamente sobre proposições consideradas puramente como hipóteses, portanto capaz de inferir as conseqüências necessárias de verdades simplesmente possíveis o que constitui o início do pensamento hipotético-dedutivo ou formal.

Como conseqüência do desengate do pensamento em relação aos objetos, ocorre a liberação das relações e classificações antes sujeitas à condição de natureza essencialmente concreta ou intuitiva. Com a liberação da forma em relação ao conteúdo, torna-se possível construir quaisquer tipos de relações independentes da quantidade dos elementos (1 a 1, 2 a 2, 3 a 3... = n a n). Essa generalização das operações de classificação ou de relação de ordem denominamos combinatória. A combinatória permite reunir entre si objetos ou fatores, idéias ou proposições e estabelecer as relações lógicas em função de um número qualquer de todas as combinações possíveis, considerando cada caso sobre uma realidade dada.

Em se tratando de objetos ou mesmo idéias, o indivíduo consegue encontrar um método exaustivo que toma em consideração todas as associações possíveis. As idéias ou hipóteses anunciadas na forma de afirmações ou negação são combinadas entre si como operações proposicionais de implicação ( se ... então), de disjunção (ou...ou...ou os dois), de exclusão (ou...ou), de incompatibilidade (ou...ou...ou nem um nem outro), a implicação recíproca ou bicondicional ( e...e ), etc.

Essas operações proposicionais não se reduzem somente a uma nova maneira de notar os fatos, mas ao contrário: 1) constituem a verdadeira lógica do sujeito e uma lógica muito mais rica que permite um raciocínio baseado em hipóteses enunciadas verbalmente, como é o caso de toda a discussão prolongada ou de uma exposição coerente; 2) quando aplicadas aos dados experimentais ou físicos, são as únicas que permitem uma dissociação dos fatores e, portanto, a exclusão das hipóteses falsas e a exposição de esquemas explicativos complexos; 3) constituem o prolongamento e generalização das operações concretas (tomando-as no seu conjunto, não isoladamente como no POC), representando operações de segunda potência (ou seja, a classificação de classificações e o grupo das duas reversibilidades) baseadas sobre, e também superando as operações concretas.

A combinatória tem suas raízes nos operadores proposicionais que constituem a condição preliminar de sua estruturação e, a partir daí, são generalizáveis para novas situações. Entre muitas situações de ensino, o raciocínio combinatório é requerido para a compreensão da Genética Mendeliana dentro de um quadro probabilístico.

### 2.3.2. O Grupo das Duas Reversibilidades

Frente ao POC, o desengate dos mecanismos formais de pensamento com a conseqüente liberação dos conteúdos, associado aos mecanismos lógicos, resulta na constituição de uma combinatória e de uma estrutura fundamental que resume a síntese de estruturas anteriores de "agrupamentos", servindo como o ponto de partida de uma série de progressos mentais novos. Este caráter de síntese, proveniente da fusão operatória num todo único, expressa um conjunto mais amplo de estruturas.

Assim, a primeira forma de reversibilidade é a inversão ou negação, que se encontra ligada aos agrupamentos de classe, e a sua característica principal consiste em anular uma proposição anterior ( $+A -A = 0$ ). Nas relações, é a reciprocidade que constitui o fundamento da reversibilidade.

A segunda reversibilidade, a reciprocidade ou simetria, é a forma de reversibilidade que caracteriza os agrupamentos de relação, originados também de condutas anteriores em forma de simetrias. A implicação recíproca difere da simples correspondência concreta na medida em que resulta das relações possíveis e não apenas das verificações reais. A reciprocidade caracteriza os agrupamentos de relação,  $A=B$  e  $B=A$ , etc.

Com esse conjunto de estruturas tomadas globalmente, o indivíduo operatório formal é capaz de operar transformações segundo essas transformações básicas: I (idêntica), N (inversa), R (recíproca) e C (correlativa da primeira), ou seja do caso de  $p > q$ ,  $I = p > q$ ;  $N = p < q$ ;  $R = p . q$ . Ora,  $N=R.C$ ;  $R=N.C$ ; o que constitui um grupo de quatro transformações ou de quaternidade que reúne, num mesmo sistema, inversões e reciprocidade e, assim, realiza a síntese das estruturas parciais construídas até então no nível das operações concretas. O mecanismo regulador de "feedback" que conduz à homeostase, dentro do conhecimento biológico, é exemplo elucidativo da compreensão necessária dos múltiplos fatores que atuam simultaneamente em determinado fenômeno.

### 2.3.3. A Dissociação de Fatores e a Exclusão

Há um aspecto digno de nota no pensamento (operatório formal), sobre a qual a formação escolar usual lhe negligencia quase totalmente (...): a formação espontânea de um espírito experimental, impossível de se construir no nível das operações concretas, mas que a combinatória e as estruturas proposicionais tornam (...) acessível aos sujeitos, bastando para isso que se lhes forneça ocasião. (PIAGET & INHELDER, 1989, p. 213)

O indivíduo operatório formal, diante de uma situação experimental ou fenômeno em que ocorre a intervenção simultânea de numerosos fatores, consegue separá-los um a um e determinar suas respectivas ações por neutralização (se causal ou inoperante, neste caso passível de exclusão).

Essa capacidade para determinar qualitativamente as compensações entre relações heterogêneas a partir de relações lógicas repousa sobre a multiplicação de relações concretas. Com a anulação de um dos fatores consegue verificar a ação dos demais. Mesmo sem saber verificar a influência qualitativa de cada fator, chega a conceber, em presença de uma equivalência de fato, que dois fatores podem compensar-se exatamente. Os fatores são dissociados no pensamento, e o raciocínio refere-se às variações possíveis em estado puro, não mais somente às variações reais ou ambas em conjunto. A separação da fotossíntese em fase clara e fase escura representa um artifício do raciocínio empregado para ter uma compreensão mais profunda e consistente de um fenômeno biológico, na prática, indissociável.

A dissociação dos fatores permite não somente a compreensão dos fatores envolvidos, vai além, permitindo que o indivíduo destaque o fator possível do causal, enquanto os outros são inoperantes e devem dar lugar, depois de sua dissociação, a uma exclusão. Esse método consiste em variar apenas um dos fatores e manter os demais inalterados.

A exclusão supõe uma combinatória complexa que o sujeito não domina a não ser seriando um a um os fatores que devem variar e conservando invariantes os demais. A execução deste trabalho lógico visa a exclusão do papel deste fator escolhido "a priori".

Concluindo, a exclusão supõe uma escolha entre o conjunto das combinações possíveis, isto é, entre as verdadeiras e as que devem ser excluídas. Essas escolhas supõem uma triagem entre um conjunto de combinações de base sobre o conjunto das partes envolvidas no fenômeno. Dentro do estudo da Ecologia, em cada microclima existe um conjunto de fatores ambientais agindo conjuntamente, mas em determinados ambientes, um deles se sobrepõe aos demais. Nes-



se caso o aluno deve proceder à análise do conjunto dos fatores e definir o(s) limitante(s). No caso dos manguezais, a influência das marés condiciona a salinidade e esta o desenvolvimento de todas as espécies.

### 2.3.4. Esquemas Operatórios Formais

Os esquemas operatórios formais não apenas possibilitam o entendimento de uma determinada noção científica importante e complexa, mas também podem possibilitar um maior entendimento do próprio processo da investigação científica. Em oposição ao POF, o POC possibilita apenas um entendimento serial e parcial, não da globalidade ou totalidade de uma noção científica. A totalidade da compreensão de uma noção não está somente na soma das partes (seriação um a um), mas do conjunto delas num conjunto que se sobrepõe e subsume as partes.

#### 2.3.4.1. Sistemas Duplos de Referência

O indivíduo mostra-se capaz de compor entre si e antecipar os resultados de operações diretas e inversas através de mecanismos de compensação. Esta é conseguida sem que ocorra a anulação de sua recíproca. Com essa capacidade operativa, o indivíduo expressa uma descentração dupla I.R = N.C. No caso de termos um caracol se deslocando sobre uma prancha em um sentido ou outro e a prancha avança ou recua em relação a um ponto de referência exterior: (I) marcha para a direita; (R) deslocamento para a esquerda da prancha; (N) marcha para a esquerda do caracol; e (C) deslocamento para a direita da prancha. O mesmo esquema de quaternidade é também encontrado na compreensão do funcionamento da prensa hidráulica em "U" que, na Biologia, pode-se utilizar para a demonstração da pressão osmótica, fundamental para o entendimento dos mecanismos de transporte de água através da membrana plasmática.

#### 2.3.4.2. Proporções

As proporções constituem de um lado o grupo de quaternidade como estrutura inter-proposicional e, de outro, o fato de que a noção de proporção começa sempre de uma forma quantitativa e lógica antes de se estruturar qualitativamente. Nesse domínio, encontramos as - proporções espaciais, velocidades métricas, probabilidades, relação entre pesos e os comprimentos dos braços das balanças, etc.

Aqui torna-se possível a equivalência de resultados, baseando-se na compensação multiplicativa de dois sistemas de referência em equilíbrio. Por exemplo, no caso das balanças, a manutenção do equilíbrio com o aumento de peso em um dos braços é viável, desde que equivalha à diminuição da distância deste até o ponto de equilíbrio. O descobrimento da proporcionalidade inversa entre estas grandezas obtém-se por uma relação quantitativa entre estas duas funções (peso e distância até o ponto de equilíbrio). Esta é manifesta quando o indivíduo mostra-se, como no aludido exemplo, capaz de fazer a equivalência de resultados toda vez que se aumenta o comprimento sem alterar o peso. A ação compensatória do sistema hormonal, como no caso da insulina, que age como carreadora da glicose para o interior das células, através da membrana plasmática, diminui a sua concentração no sangue, e o seu antagonico, o glucagon, auxiliado pela nefrina e norepinefrina, atua ao nível do fígado, mobilizando a glicose para a corrente sanguínea.

### 2.3.4.3. As Noções Probabilísticas

As noções probabilísticas resultam de uma assimilação do acaso por operações baseadas na proporcionalidade e na combinatória. Necessitando, para tanto, uma combinatória que permita tomar em consideração todos os casos possíveis e os favoráveis entre os elementos em jogo. O cálculo é realizado em função das combinações, permutações ou arranjos possíveis dos elementos dados.

Pode-se também realizar o cálculo ou operação lógica a partir de proporções puras independentemente do número de elementos envolvidos. Assim é possível compreender que numa caixa com 150 bolinhas brancas e 100 vermelhas, apesar do número, a probabilidade de se retirar uma bolinha vermelha é menor da que a encontrada noutra caixa com apenas cinco brancas e quatro vermelhas. O mesmo cálculo deve ser processado quando se deseja saber, no estudo da genética, da possibilidade de manifestação de um determinado carácter ou de uma progénie.

### 2.3.4.4. Correlação

Se (o sujeito) interpreta uma determinada correspondência como podendo ser resultado de várias combinações possíveis, o que leva a verificar suas hipóteses através de suas respectivas conseqüências, podemos estar certos da presença de operações proporcionais. (INHELDER & PIAGET, 1976, p. 210)

A noção de correlação constitui um esquema de natureza formal ligado especialmente ao das proporções e das probabilidades. Não consiste apenas numa probabilidade simples, isto é, entre uma relação elementar entre os casos favoráveis e o conjunto dos casos possíveis. Depois de encontradas as probabilidades, o sujeito deve ainda compreender que a correlação é função da diferença dos fatos ligados ao todo. A noção de correlação é descoberta graças ao recurso à lógica das proposições que tornam o indivíduo capaz de raciocinar num conjunto de elementos dados pelas possibilidades, portanto sem a necessidade da utilização do real como tal.

Correlação direta:  $p \cdot q \vee \bar{p} \cdot \bar{q}$  se toma os fatos em si mesmos, exprimem a equivalência entre p e q, portanto uma correspondência termo a termo entre os valores em jogo, nas seriações. Neste caso, falar-se-á de correlação positiva perfeita.

Correlação inversa: Mas as outras duas associações  $p \cdot \bar{q} \vee \bar{p} \cdot q$ , se se as toma por si mesmas, exprimem a exclusão recíproca entre p e q, portanto uma correspondência inversa ou uma correlação negativa perfeita.

No contexto dos conhecimentos biológicos, essa estrutura mental exerce uma grande influência, por exemplo, para a compreensão das comunidades e interações biológicas, bem como da genética quando se estuda herança de grupo de genes associados na expressão de um caráter. Podemos estender esta observação também à Bioquímica e à Fisiologia. Em última análise, a explicitação de um fenómeno Biológico é feita a partir de uma série de estruturas de conhecimentos, porque aparentemente não existe uma ligação entre o fator determinante. Em função da complexidade dos fenómenos biológicos podemos entender, em parte, o porquê de seu desenvolvimento tardio em relação a outras ciências.

Ao término do esforço teórico empreendido para compreensão das estruturas formais de pensamento, podemos concluir que: a preocupação analítica manifesta na compreensão individualizada de estrutura por estrutura do POF manifesta, na mesma proporção, a necessidade de um esforço em direção contrária para reagrupá-las novamente. Tal situação explica-se pelo fato de se tratar do envolvimento com estruturas mentais reticuladas coesas e de conjunto. Estas englobam as estruturas do POC agora reestruturadas e retomadas em conjunto (não mais de forma isolada, uma a uma), subordinando-as a estruturas novas despreendidas das amarras espaço-temporais, materiais e motoras. Quando o indivíduo realiza operações lógicas ao nível operatório formal, ele o faz com o conjunto de suas estruturas, embora uma ou outra sobressaia ou predomine em determinado momento.

## 2.4. A Construção do POF

Os estágios do desenvolvimento mental são construídos a partir das integrações sucessivas de estruturas mentais, em que cada uma conduz à construção da seguinte. Dessa forma, a cada estágio de desenvolvimento ocorre um prolongamento do anterior, reconstruindo-o num novo plano para ultrapassá-lo em seguida, com um conjunto mais amplo de estruturas, até chegar ao POF que reestrutura as operações concretas. Nesse processo a ordem das sucessões é constante, cada estágio é caracterizado por um conjunto de estruturas e estas são integrativas e não se substituem umas às outras.

Além desse processo endógeno e inerente à construção do POF ou outro estágio, existem fatores mais gerais na evolução mental. A construção das estruturas do POF, como também de qualquer outro, depende de quatro fatores interdependentes, com ações diferenciadas e insuficientes se forem tomadas de maneira isolada para explicar o desenvolvimento das estruturas mentais e o POF.

O crescimento orgânico, especialmente a *maturação* do complexo formado pelo sistema nervoso e pelos sistemas endócrinos, constitui o primeiro fator responsável pela estruturação em nível formal. Sabe-se hoje que existe uma relação muito estreita com a mielinização dos neurônios da região cortical frontal com o aparecimento das estruturas do POF. Essa maturação abre um leque de novas possibilidades e é a condição necessária ao aparecimento de novas estruturas, que por si só não se realiza se não ocorrer um mínimo de experiência. Aqui precisamos considerar que a *maturação do sistema nervoso* (em seu sentido biológico estrito, não no sentido de desenvolvimento intelectual) não garante que o indivíduo pense formalmente, como também é contra-senso esperar que o indivíduo sem o devido aparato neuronal necessário apresente de forma real e verdadeira o conjunto das operações formais. Podemos concluir o parágrafo dizendo com PIAGET:

"(...) maturação orgânica constitui (...) fator necessário (...) que desempenha (...) papel indispensável na ordem invariante de sucessão de estádios, não explica todo o desenvolvimento e não representa senão um fator entre outros." (1989, p. 131)

O exercício da *experiência* adquirida em função do *meio físico*, é diferente das interações sociais, a ação efetua-se sobre objetos para abstrair propriedades. Esta experiência nada tem do simples registro de dados, mas constitui uma estruturação ativa, porque não é uma assimilação do meio físico em quadros lógico-matemáticos. Este tipo de experiência é necessária até para a formação das estruturas lógico-matemáticas que visa o conhecimento do

resultado das coordenações das ações. Com isso, o conhecimento lógico-matemático é abstraído da ação e não dos objetos. As estruturas lógico-matemáticas são devidas à coordenação das ações do sujeito e não somente das pressões do objeto físico. Em suma, a experiência física é dada pela ação exercida pelo sujeito sobre os objetos para abstrair propriedades, estendendo-se para um patamar mais elevado pela coordenação dessas ações e não somente das pressões do objeto físico sobre o sujeito.

O terceiro fator também fundamental mas insuficiente por si só, é a *ação do meio social* que inclui a transmissão lingüística, a educação. Este fator compreende tanto as interações como também as transmissões sociais preocupadas com a interação dos educandos com o meio social. A socialização constitui uma estruturação para o qual o indivíduo contribui tanto quanto dela recebe, existindo a solidariedade e o isomorfismo entre operações e a cooperação.

Esse fator baseia-se no local e no meio cultural onde nasce a criança e é influenciado por crenças, tabus, história e linguagem. Este meio acaba privilegiando, acelerando e retardando determinadas estruturas de pensamento em detrimento de outras (FREITAG, 1985) que devem ser estimuladas e desenvolvidas no seio da escola.

E o quarto e mais importante fator é a *equilibração*, por ser considerada a forma de auto-regulação interna pela qual o indivíduo equilibra os fatores da experiência, da maturação orgânica e da transmissão social. Este fator é resultado da construção individual do sujeito e ninguém pode realizá-la em seu lugar. A equilibração constitui o fator capaz de interligar e regular o conjunto dos demais fatores. Assim, é necessária a transmissão social acompanhada de uma assimilação ativa do indivíduo com instrumentos operatórios adequados.

A auto-regulação atua sobre as desequilibrações que ocorrem quando os processos de raciocínios que o indivíduo está acostumado a executar ou os conhecimentos disponíveis não conseguem resolver os problemas, resultando num desequilíbrio que predispõe a auto-regulação. As desequilibrações podem ser mediadas, entre outras formas, pelo despertar da curiosidade, pelo imprevisto, pela integração de variáveis impensadas até o momento, e pelas contraprovas apresentadas pelos professores aos julgamentos imediatos e apressados dos alunos.

Como condição material, necessária, para ocorrerem as desequilibrações, o indivíduo deve estar mentalmente apto a receber a nova situação como conflitante ou problema, ou seja, possuir estruturas mentais que tornam o estímulo assimilável pelo organismo (PIAGET, 1976). Em suma, os desequilíbrios obrigam o sujeito a superar-se na busca de um novo equilíbrio conseguido com o auxílio das auto-regulações.

A exposição a respeito dos fatores gerais que contribuem na construção das estruturas mentais, aqui no caso, as formais, dizem respeito às condições internas do indivíduo enquanto ser biológico que integra e reestrutura desequilibrações fornecidas pelo meio externo (tanto físico como social) ao próprio indivíduo. Claro que esses fatores não agem isoladamente ou de maneira serial.

## CAP. III – FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Apresentamos nesta unidade os princípios metodológicos gerais e aplicáveis ao conjunto dos procedimentos/instrumentos como um todo. A explicitação metodológica mais detalhada e específica, por instrumento de pesquisa, vem desenvolvida antes da apresentação de cada conjunto de dados coletados.

A realização de uma investigação sobre o POF envolve uma série de requisitos e dificuldades de ordem metodológica e, principalmente, as inerentes à natureza do POF. Dificuldades essas alertadas por PARRA (1983):

"Os professores (...) que se preocupam mais com o desenvolvimento de operações intelectuais do que com a mera retenção de informações, defrontam-se com sérias dificuldades para avaliar este tipo de resultado. O problema fica mais complexo ainda quando seus alunos passam da etapa operatória concreta à etapa do pensamento formal (...) As manifestações dessa última fase são bem menos "espetaculares" e notáveis que as da anterior. E, por serem mais sutis, colocam ao professor dificuldades maiores quanto à sua avaliação." (p. 77)

Para o problema apresentado, examinamos diferentes possibilidades/correntes de investigação que vão desde os Métodos Psicométricos até o Método Clínico criado por Piaget. Como na pesquisa a preocupação fundamental foi a detecção das estruturas mentais do POF presentes nos alunos e em jogo no desenvolvimento da disciplina de Exercícios de Ecologia, tal preocupação suscitou-nos uma pergunta crucial: *Como conciliar numa investigação sobre o POF as necessidades inerentes ao método clínico e a possibilidade de uma imersão na sala da aula, no processo de ensino-aprendizagem de uma disciplina?*

Apesar de representar um desafio metodológico, adotamos os princípios do Método Clínico (INHELDER & PIAGET, 1976; PHILIPS, 1981; e CARRAHER, 1983), associando-os à Análise de Conteúdo e de Observações Livres ao longo do desenvolvimento das atividades de ensino da disciplina Exercícios de Ecologia.

O essencial da nossa pesquisa era *detectar as estruturas mentais subjacentes envolvidas no processo pedagógico*. E essas, dadas às suas características e peculiaridades de látice e por se constituírem em formas de equilíbrio para as quais tendem as coordenações intelectuais do indivíduo elas ficam mais difíceis de serem captadas, com plenitude, em situações não-clínicas, como na aplicação de teste padronizado ou a partir de escritos dos alunos. Por isso procuramos seguir as recomendações de INHELDER & PIAGET (1976):

"(...) A solução do pensamento formal deve ser procurada na análise das estruturas de conjunto que caracterizam as operações formais, por oposição às concretas (...) O problema é determinar os 'fatores' em jogo num trabalho mental." (p. 201-202)

A pesquisa assumiu *características quali-quantitativo naturalísticas* com predomínio de aspectos qualitativos (STAKE, 1983) na medida em que: 1) a sala de aula foi o ambiente natural e fonte direta de dados; 2) os processos operativos e formais do pensamento constituíram a preocupação principal e não simplesmente os seus produtos, embora não tenham sido excluídos; 3) os dados foram coletados de maneira descritiva e tratados com a utilização do processo de indução analítica; 4) o foco principal da investigação foi o do significado das intervenções dos alunos frente às categorias de POF; 5) a coleta de dados, em sua terceira fase, iniciou por um teste padronizado de questões subjetivas.

Pode-se dizer também que a pesquisa constituiu-se num Estudo de Caso (TRIVIÑOS, 1990) porque visava analisar uma unidade particular formada pelos alunos que ingressaram no primeiro semestre do Curso de Biologia da UFSC, das turmas 91/I, 91/II e, no foco principal da turma 92/I, numa mesma disciplina (Exercícios de Ecologia), com as mesmas professoras. Embora a pesquisa tenha abrangido turmas, com algumas características diferentes, foram consideradas equivalente, pelo fato de serem constituídas basicamente por calouros.

Escolhemos esta população para a pesquisa porque: 1) as disciplinas de Botânica são oferecidas em semestres mais adiantados no Curso de Biologia da UFSC e isto dificultaria a avaliação dos conteúdos de Botânica que trazem do 2º. Grau; 2) a Ecologia, como foi defendido na justificativa, depende em parte dos conhecimentos básicos de Botânica para explicar determinados fenômenos; 3) a estruturação multidisciplinar do conjunto de conhecimentos de Ecologia pode possibilitar maior formalização de conteúdos; 4) a disciplina Exercícios de Ecologia é oferecida normalmente no primeiro semestre do Curso de Biologia nas duas turmas que ingressam anualmente no curso; 5) a disciplina é composta por uma parte prática com visitas de campo e outra teórica desenvolvida em sala de aula; 6) pela abertura e disponibilidade das professoras responsáveis pela Disciplina em aceitar o desenvolvimento desta pesquisa.



Tomando como referência denominações como de RUMMEL (1974), FRACASSO (1976), LÜDKE & ANDRÉ (1986) e TRIVIÑOS (1990) acerca das formas de observação e adotando uma denominação de CREMA (1990), a técnica de observação da presente pesquisa pode ser identificada como Observação Sistemática Direta Não-Participante de todas as atividades desenvolvidas em sala de aula e de Observação Direta Participante no planejamento, na preparação das aulas e na elaboração das provas da disciplina de Exercícios de Ecologia. Nas aulas, assumimos Participação Moderada Direta Intensiva e Extensiva (teste para avaliar o POF, questionários de perguntas abertas e/ou fechadas como instrumentos auxiliares na coleta de dados indicativos para as entrevistas e observações). Eventualmente, em sala de aula, quando a situação permitiu, assumimos o papel de aluno/professor-examinador (parafraseando CARRAHER et al., 1982) através de perguntas provocativas, de cunho clínico, que poderiam pôr em jogo estruturas de POF.

A coleta de dados desta pesquisa desenvolveu-se em três etapas. A primeira etapa teve caráter exploratório com a finalidade de: clarificar o problema e a confecção do projeto definitivo de pesquisa; estabelecer as categorias de observação e análise e dos instrumentos para a coleta de informações; entender o desenvolvimento da disciplina; estabelecer laços de empatia com as professoras e alunos e, identificar no desenvolvimento do conteúdo momentos em que se tornava mais evidente a necessidade do pensamento operatório formal. As aulas que foram gravadas nesta fase também se constituíram em material para análise.

A segunda etapa foi a coleta de dados propriamente dita que teve um caráter decisivo. As informações foram obtidas mediante: 1) aplicação de um teste padronizado visando uma amostragem genérica e preliminar dos alunos frente às categorias de POF; 2) a observação direta, sistemática e intensiva de toda as aulas teóricas e práticas; 3) provas e relatórios de aulas práticas; 4) levantamento de dados com questionários de perguntas abertas e/ou fechadas para a coleta de indicativos para orientar as observações e entrevistas; 5) entrevistas clínicas gravadas em videotape para o cruzamento dos dados obtidos no teste padronizado.

Com a entrevista clínica procuramos esclarecer aspectos dissonantes e obscuros dos dados coletados pelo teste. Este assumiu apenas o caráter de instrumento auxiliar na coleta de dados realizada pelo conjunto dos instrumentos. Da observação das aulas práticas e teóricas e da análise de provas escritas e relatórios de aulas práticas, buscamos os momentos críticos onde se faziam necessárias e/ou afloravam estruturas de Pensamento Operatório Formal. Das aulas consideramos com especial atenção os trechos em que os alunos expunham alguma estrutura mental e quando ocorreu um "feedback" do professor "xecando" o pensamento do aluno.

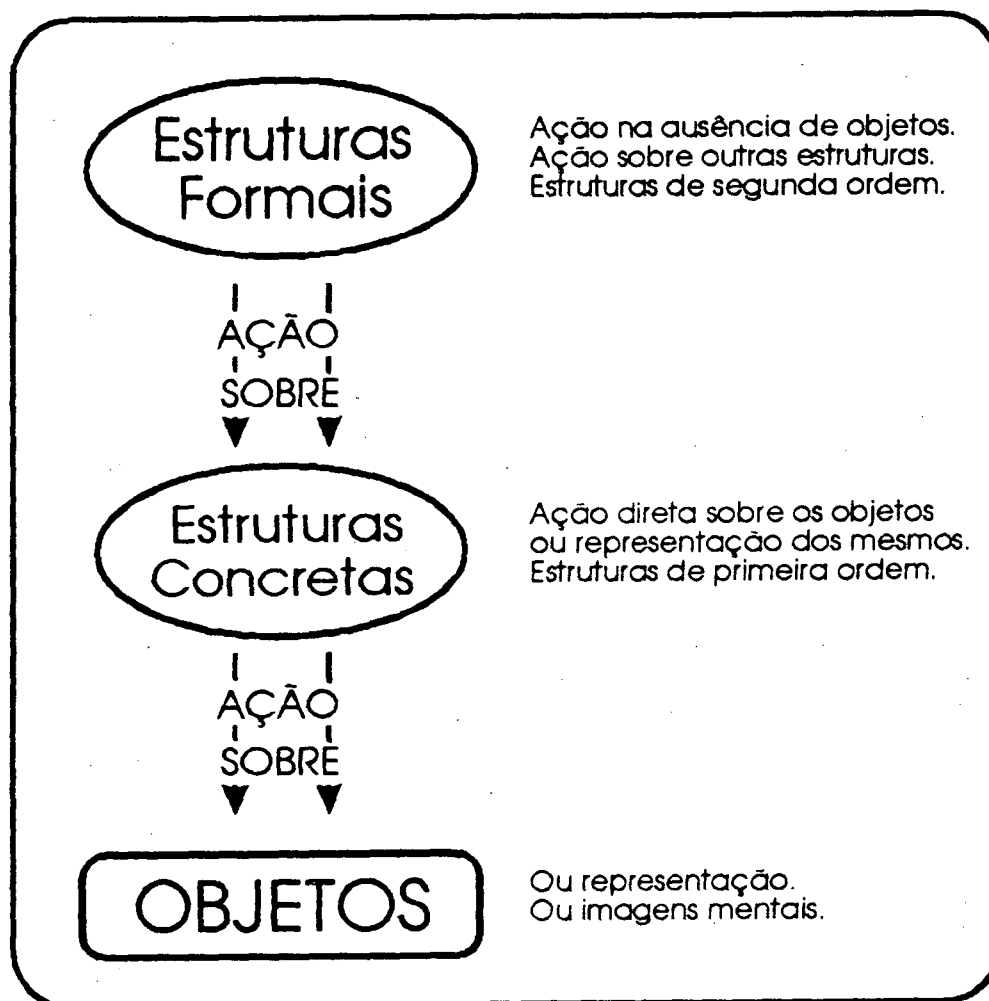
Na terceira etapa da pesquisa, a da análise, os dados coletados pelos diferentes instrumentos adquiriram significado psicológico em função do conjunto dos raciocínios do sujeito ou de uma seqüência suficientemente sistemática de inferências. Esses dados receberam em primeiro lugar interpretação própria da Análise Experimental que, para Piaget, consiste em determinar, por provas adequadas aos diversos níveis de evolução, quais são as operações atuantes nos atos de inteligência do sujeito e como tais operações se organizam pouco a pouco em estruturas até que cheguem a algumas formas de equilíbrio verificáveis empiricamente, isto é, quando o indivíduo é capaz de realizar as operações inversas. Em segundo lugar, os dados passaram pela Análise Teórica que consistiu, em caracterizá-las nos seus aspectos gerais ou abstratos, mostrando a crescente complexificação (INHELDER & PIAGET, 1976).

O material para a análise de dados constituiu-se dos testes elaborados para o POF, respostas dos questionários mistos, das respostas de caráter explicativo contidas nos relatórios de aulas práticas e provas, observações tanto de aulas práticas como teóricas e dos trechos significativos transcritos de entrevistas clínicas gravadas em "videotape". Foram inicialmente consideradas significativas, de especial interesse, todas as respostas dadas com maior convicção pelo aluno, ou seja, em situações em que ocorreu um "feedback" do professor. A convicção das respostas foi caracterizada pela consistência e coerência interna, do ponto de vista do aluno (sejam elas certas ou erradas) tanto nas provas, como nas entrevistas, relatórios, e explicações em sala de aula, desde que estivessem em jogo ou ausente estruturas mentais de POF. A resposta foi tomada como um ponto de partida para a compreensão do processo que resultou (CARRAHER, 1983).

A chave de interpretação foi dada pelos indicativos genéricos de estruturas formais anunciadas no capítulo teórico que retomamos aqui. O POF marca: 1) a possibilidade de ação lógica e consistente em função de idéias, dispensando objetos, ou da sua representação para realizar operações mentais; 2) a libertação do egocentrismo perceptivo (espacial e temporal), a realidade passa a ser uma das várias possibilidades; e 3) a possibilidade de distinguir o conteúdo de uma proposição independente da forma de sua apresentação. Em nível específico essas estruturas manifestam-se pelo sistema combinatório, proporcionalidade, probabilidade, correlação, compensação multiplicativa ou reversibilidades, pelo equilíbrio mecânico e por construções múltiplas de referências, disjunção de fatores com a inclusão e exclusão. É importante frisar que estas estruturas podem também estar presentes no operatório concreto, mas isoladamente, não coordenadas em um conjunto de globalidade, condicionadas às experiências efetivas da realidade ou de seu equivalente.

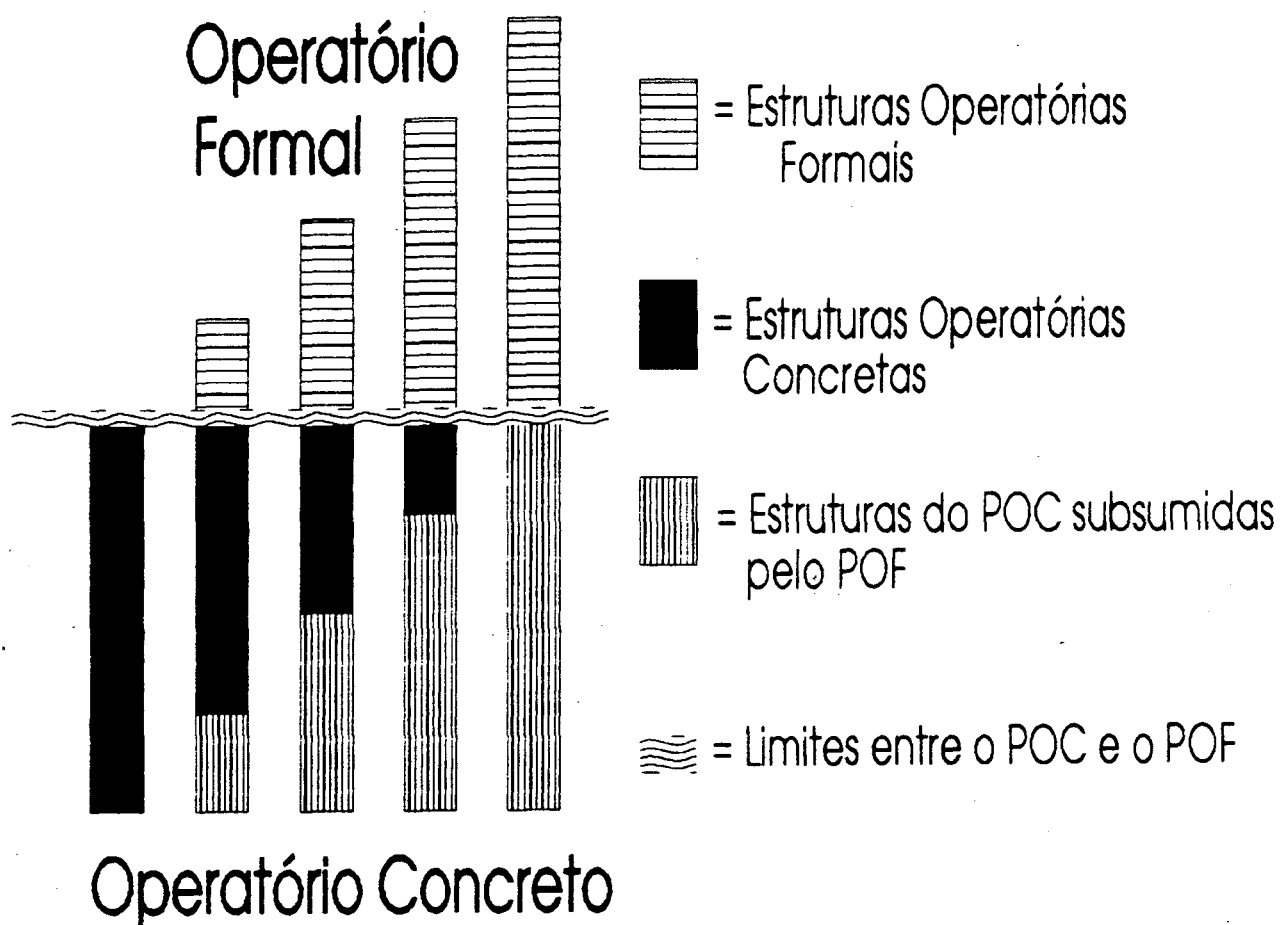
As estruturas presentes no POF constituíram objeto especial de investigação, no nível específico as estruturas da Correlação, Disjunção de Fatores com a Inclusão e a Exclusão, Probabilidade e Proporcionalidade. Apesar de centrarmos o nosso esforço nestas estruturas, convém frisar que as demais, mesmo que não tenham sido objeto específico de investigação, estavam presentes, dadas às características de conjunto, de reticulado das estruturas do POF.

Consideramos válidos os indícios tanto favoráveis às estruturas operatórias de pensamento formal como às concretas. No nível genérico, o pensamento operatório formal foi caracterizado como abstrato, hipotético-dedutivo e formal, e ao nível específico, pelo conjunto de estruturas explicitadas no marco teórico.



**QUADRO Nº. 2** (PHILIPS, 1981, modificado): Representa a natureza das estruturas concretas e formais em função da presença ou ausência dos objetos.

Devido aos pressupostos assumidos, dados por muitas pesquisas relativas ao POF de que não se trata de uma aquisição mental universal, tínhamos a expectativa de encontrar entre os alunos uma gama bastante variada na composição das estruturas desde o POC ao POF pleno, com número significativo de formas transitivas. Verifiquemos o Quadro n. 3 da página seguinte:



**QUADRO N. 3 :** Representa que 1) o pensamento do indivíduo não é totalmente concreto ou formal, 2) ele pode usar diferentes padrões de raciocínio a depender da situação problema, 3) as estruturas concretas não são descartadas, mas são transportadas para o estágio formal, e 4) não existe uma divisão nítida entre o POC e POF.

Nesse domínio, uma situação da pesquisa que mereceu uma atenção especial e redobrada, foi quando encontramos alunos que conseguiam resolver determinados problemas, em que teoricamente se exigiria estruturas mentais do nível formal, utilizando-se de estruturas operatórias concretas, auxiliados por algoritmos ou por mecanismos internos de compensação, ou pelo domínio de conhecimentos conexos. Essa situação mimética do POF foi designada por HERRON (1975) de estágio pós-concreto. Uma outra situação, que também mereceu especial atenção, foi a análise de escritos dos alunos, pois esta mesma é condicionada por padrões psicolinguísticos ou por algoritmos estereotipados, nem sempre construídos e apoiados em um padrão operatório e em desenvolvimento de estruturas mentais.

Na discussão da validade dos resultados e no confronto com outras pesquisas receberam prioridade, respectivamente, primeiro os indicativos fornecidos pelas pesquisas de INHELDER & PIAGET (1976), apoiadas no método clínico; em segundo lugar as pesquisas que, embora apoiadas em testes, apresentaram complementação por meio de entrevistas clínicas; e, por último, as pesquisas psicométricas baseadas exclusivamente em dados estatísticos obtidos por testes padronizados e/ou de múltipla escolha ou por critérios verbais ou linguísticos pois estes variam de indivíduo para indivíduo.

## CAP. IV – DADOS COLETADOS

### 4.1. Teste Escrito e Entrevistas

Os testes padronizados como o PLOT (Piagetian Logical Operations Test) de STAVER e GABEL (1979), CTFR (Classroom Test of Formal Reasoning) de LAWSON (1978) e o TIPS (Test of Integrated Science Process) de TOBIN e CAPIE (1982), entre muitos outros, são usados em pesquisas sobre o POF em que predominam os aspectos quantitativos. Como nossa pesquisa assumiu um caráter predominantemente qualitativo, aplicamos no início do semestre 92/I um teste com perguntas abertas para atender o objetivo de coletarmos indicativos gerais sobre a turma como um todo.

Preparamos, inicialmente, dois testes formais com graus de dificuldade equivalentes, designados de A e B (Anexo 1). Na elaboração dos mesmos, nos baseamos em questões de elaboração própria e na adaptação e/ou modificação de questões obtidas em publicações de pesquisas anteriores sobre o POF. (LAWSON et al. 1978, PADILLA & OKEY, 1983). Para a validação do teste aplicamos os testes A e B para um grupo de dez alunos da disciplina de Ecologia Animal, quando detectamos e corrigimos as deficiências de elaboração e adequação de linguagem. Dos testes apresentados inicialmente, aquele que após as correções mostrou-se mais adequado aos nossos objetivos de pesquisa foi o teste B.

Aplicamos o teste na sua versão definitiva (anexo 1), no primeiro dia de aula, aos alunos de Exercícios de Ecologia da turma 92/I. Ao todo 24 alunos, que estavam presentes após o intervalo do recreio, responderam o teste.

As mesmas questões do teste também fizeram parte do roteiro básico das entrevistas que realizamos no terço final do semestre letivo. Como os testes escritos não fornecem, com segurança, as informações necessárias sobre as operações em jogo em determinado raciocínio, realizamos sete entrevistas com a finalidade de discutir e esclarecer dúvidas e confirmar as respostas dadas pelos alunos nos testes (FINLEY, 1986). Pretendíamos realizar um número maior de entrevistas, mas como não foi possível fazê-las no início do semestre, esse número foi reduzido pelo fato de coincidir com as provas finais.

A partir das respostas coletadas no teste escrito e nas entrevistas, estabelecemos uma gradação para caracterizar as respostas esperadas: começa pelo insucesso, passando por um procedimento de tentativas, uso de algoritmo, até o uso de um padrão operatório com sucesso na resposta do problema.

Das cinco questões do teste, escolhemos para análise as questões número um e cinco. A questão número um foi escolhida por estar fortemente condicionada, na prática escolar, ao algoritmo da regra de três. Por outro lado, a questão número cinco representa a ausência de qualquer algoritmo escolar, mas, na sua solução, necessita de um procedimento operativo reflexivo a partir da segunda potência.

Das demais questões, as que não integrarão esta análise, consideramos a número três ser merecedora de um estudo particularizado e mais detalhado para o ensino de Biologia que num futuro próximo pretendemos realizar. Na bibliografia consultada não encontramos nenhum estudo sobre a correlação que focalizasse individualmente essa estrutura do pensamento formal, apesar de ser uma estrutura de raciocínio muito empregada na Biologia.

#### 4.1.1. Questão nº 1

Admitindo a existência de super laranjas que produzam uma quantidade excepcional de suco, quando são espremidas quatro delas, rendem seis copos de suco. Quantos copos de suco podem ser feitos com seis dessas super laranjas?

Demonstre como conseguiu seu resultado.

##### 4.1.1.1. Caracterização das Respostas Coletadas no Teste Escrito

1. O aluno considerou impossível a solução do problema.

Não ocorreu este padrão de resposta

2. O aluno procurou resolver o problema, mas intuitivamente.

Não ocorreu este padrão de resposta

3. O aluno resolveu o problema pelo modelo matemático da regra de três.

Este padrão representou a maioria das respostas coletadas. Os alunos apenas organizavam o esquema ("macete") da regra de três e resolviam o problema. No total dos testes, dezenove alunos apresentaram este padrão de resposta.

4. O aluno resolveu o problema de forma lógica com o auxílio de elementos concretos

(gráficos, gravuras ou esquemas).

Padrão de resposta não encontrado nos testes.

5. O aluno resolveu o problema pelo modelo lógico das razões proposicionais.

Este padrão de resposta foi encontrado entre cinco alunos que, como (KB)<sup>1</sup> resolveu, partindo da proporcionalidade implícita nas grandezas:

4 laranjas -----> seis copos

2 laranjas -----> três copos

6 laranjas -----> nove copos

Ou como (DA) que estabelece a proporcionalidade numericamente errada, mas correta enquanto raciocínio: (4-----> 6;

1 laranja -----> 1,25 copos;  $6 \times 1,25 = 7,5$ ).

Nos testes escritos constata-se que o procedimento de cálculo estereotipado da "regra de três" se sobrepôs ao próprio raciocínio da estrutura da proporcionalidade, indicando que no ensino o algoritmo se sobrepõe ao raciocínio do indivíduo. Esses alunos quando entrevistados, expõem inicialmente esta faceta e somente chegam a estabelecer uma razão de proporcionalidade quando desafiados a isto. Pode-se, entretanto, contrapor esta reflexão, considerando que, de certa forma, a questão apresentada era tão fácil que os alunos não se sentiram estimulados a explorar um procedimento de raciocínio mais sofisticado que realmente expusesse a estrutura do raciocínio como fizeram (DA e KB).

#### 4.1.1.2. Dados Coletados nas Entrevistas

É necessária a transcrição de trechos das entrevistas para a confrontação dos dados do teste escrito para melhor avaliarmos a estrutura da proporcionalidade.

Os dados coletados nas entrevistas confirmam a presença da estrutura da proporcionalidade, mas sobressaindo em primeiro plano o algoritmo da "regra de três". Quando os alunos eram estimulados a refletirem sobre os dados do problema é que manifestavam um procedimento mais operativo. Vejamos alguns trechos de entrevistas para confirmar nossa argumentação:

- (EBS): (Após o enunciado da pergunta, utilizando-se da regra de três, chega ao resultado... ao final diz) *cada duas laranjas dão três copos de suco* (manifesta aqui o sentido implícito da proporcionalidade).

---

<sup>1</sup> As letras entre parênteses substituem e correspondem às iniciais dos nomes dos alunos



- Entrev.: (Busco a confirmação) ... ou uma laranja, daria?

-(EBS): (Faz no papel e mostra.) *duas laranjas a mais daria nove copos... É isso mesmo!*

.....  
 -(SBF): (Resolve) ...*por regra, dá nove.*

- Entrev.: Como assim, por regra?

-(SBF): *Pela minha matemática dá nove.*

- Entrev.: E, se não tivesse a "matemática"? como poderia fazer?

-(SBF): *Uma laranja um copo e meio.*

- Entrev.: Seis laranjas?

-(SBF): *Nove copos.*

.....  
 -(FCR): (Faz por regra de três)... *dá nove!*

- Entrev.: Você teria um outro jeito de fazer que não fosse pela "matemática"?... pela regra de três?

-(FCR): *Só pensando? (ou seria abstraindo?)*

- Entrev.: O que sugere para você, quatro laranjas produzem seis copos de suco?

-(FCR): *O modo mais fácil é este aqui!* (resiste em raciocinar e aponta para a regra de três).

- Entrev.: (Insisto) Sim. Mas o que sugerem estes números?

-(FCR): *Como assim?*

- Entrev.: Se você tomar duas laranjas?

-(FCR): *Faz três copos de suco.*

- Entrev.: E se tomar uma laranja?

-(FCR): *Faz um copo e meio.*

- Entrev.: E se eu pegar seis laranjas?

-(FCR): *Tem que pensar... vai dar nove.*

- Entrev.: Mas não tinha pensado nisso? (Toma consciência do sentido lógico, operacional da proporcionalidade).

-(FCR): *Deve ser um "negócio" (a regra de três). É isso!... (não precisa raciocinar) Pra mim é mais lógico!*

.....  
 -(ELV) - *Aqui se admite, independentemente das variações, uma quantidade fixa de suco de laranja. (Apresenta o sentido implícito da proporcionalidade).*

-Entrev. - E quanto seria esta quantidade?

-(ELV) - *Ah!.. tá! quatro produz seis copos. Então seria a quantidade de copos que cada uma produz?*

-Entrev. - É.

-(ELV) - *Daria um copo e um quarto.* (Erra no cálculo, mas mantém o sentido operacional) Entrev. - Ou um copo e 1/2, quatro vezes 1 e 1/4 daria cinco copos e não seis.

-(ELV) - *Ah ... sim. Só isso?* (Compreende o erro no cálculo mas mantém-se seguro da operação realizada)

**Comentário do aluno:** Depois de tantos anos de estudo, de acordo com aquilo que o próprio Sistema Educacional induz, a gente pega um problema e, dentro daquelas soluções que a gente aprendeu, escolhe-se aquela que é mais prática... sem pensar naquilo que leva a gente responder daquela forma.

.....

Ao que tudo indica esta é uma das estruturas de raciocínio mais utilizadas entre os alunos, principalmente associada e/ou precedida da "regra de três", nem sempre acompanhada por um procedimento de raciocínio operativo. Para uma afirmação mais precisa, necessitar-se-ia de um teste mais amplo, constando de problemas com diferentes graus de dificuldade como a de RAPETTI (1990). Ao que parece o teste apresentado mostrou-se muito fácil, o que pode ter estimulado o uso da regra de três.

#### 4.1.2. Questão nº 5

Um árabe que dispunha de uma lata de cinco litros e outra de três litros, ambas vazias, desejava comprar quatro litros de azeite de oliva de outro companheiro seu que possuía uma lata cheia com oito litros. Considerando que nenhum dos dois possuía medida com capacidade de um litro, descreva o procedimento que deviam adotar para que nenhum dos dois fosse prejudicado (ou sãsse perdendo).

Obs: Todas as latas são constituídas de material opaco (não transparente) e possuem somente uma abertura do tamanho do bico de uma garrafa.

##### 4.1.2.1. Caracterização das Respostas Dadas no Teste Escrito

1. O aluno considera impossível a resolução do problema.

-(GBG): *"Já que nenhum dos dois possui medida nas latas o melhor procedimento é o árabe comprar cinco litros ou três litros, que seria a medida exata das suas latas, tendo assim a certeza da quantidade comprada."*

- (GB): "Primeiramente encher a garrafa (lata) de três litros e comprar apenas três litros, um litro a menos não fará muita falta."

- (ALP): "Eu penso que a medida não seria exatamente precisa, mas se fosse o meu caso, estipularia + ou - a metade da lata de oito litros; em seguida, iria despejar azeite na lata de cinco lentamente e através de batidas na parte externa da lata vendo onde estava o nível do líquido."

2. O aluno procura resolver o problema, mas de forma intuitiva e/ou "dando um jeitinho".

- (KB): "Uma possibilidade é fazer um furo bem no meio da lata que contém oito litros e deixar o azeite escorrer para a lata de cinco litros. Quando o azeite atingisse o plano do buraco, chegar-se-ia à conclusão de que foi dividido quatro litros cada um... Outra possibilidade é encher a lata de três litros e depois passar o azeite para a lata de cinco litros; Depois mede-se a lata de três litros em três partes e faz-se um buraco em 1/3 de lata, derrama-se azeite até atingir o buraco e depois coloca-se na lata de cinco litros obtendo-se então quatro litros de óleo."

- (EB): "Enche-se pela metade as latas (de cinco litros e três litros) ... Em último caso dá para ver mais ou menos pelo peso das latas."

- (AAG): "O árabe que possui a lata com oito litros deve pesar a lata, dividir o peso ao meio, ir retirando o óleo em dadas quantidades, sempre pesando, até chegar a medida estabelecida."

- (MOS): "Deve-se encher a lata de cinco litros aos poucos até que ela fique com o mesmo peso da lata que tem oito litros.."

- (ITB): "Deveriam procurar uma lata de um litro ou um latão qualquer transparente."

3. O aluno realiza transformações de segunda potência, mas perde de vista a natureza do problema proposto e não chega ao resultado esperado, possível.

- (ASS): "Enche-se a lata de três litros e depois a de cinco litros, a lata de oito litros fica vazia, depois faz-se um furo bem no meio da lata de oito litros e enche de novo a lata de cinco litros com a lata de cinco litros até chegar ao buraco equivalente aos quatro litros (o que sobrou da lata de cinco litros + três litros da outra = quatro litros)."

- (CSO): "Deveriam encher o recipiente de três litros passando, em seguida para o de cinco litros ficando então com três litros vazio enquanto que o recipiente que estava com oito litros, passa a ficar com cinco litros. Encho novamente o recipiente de três litros e em seguir, passa-se o azeite para o de cinco litros. Sobraria, então, um litro no recipiente com capacidade de três litros ficando completamente cheio o de cinco litros. Com isso, teríamos a medida de um litro que poderíamos usar para tirar um litro do recipiente de capacidade de

*cinco litros ficando com quatro litros pretendidos."*

4. O aluno realiza transformações de segunda potência e, com o auxílio de gráficos, gravuras ou esquemas, consegue responder ao problema.

- (SLM): (Faz um gráfico convencionando como sendo a lata de cinco litros a primeira, a de três litros a segunda, e a de oito litros a terceira, com tamanhos proporcionais e estabelece passos)

*"- passa cinco litros de azeite para a primeira.*

*- três litros vão para a segunda e dois litros ficam na primeira.*

*- os três litros da segunda vão para a terceira ficando seis litros na terceira, e dois litros na primeira:*

*-os dois litros vão para a segunda e cinco litros dos seis litros da terceira voltam para a primeira.*

*- dos cinco litros da primeira, um litro vai para a segunda que está com dois litros e comporta três litros e, certamente, a primeira lata ficará com quatro litros".*

5. O aluno realiza transformações de segunda potência e chega à solução do problema em termos puramente verbais.

- (IBG): *Enche-se a garrafa de três litros, passa-se para a de cinco litros, enche-se de novo a de três litros. Preenche-se a lata de cinco litros e devolvem-se estes cinco litros para a lata de oito litros. Passa-se o 1 litro da lata de três litros para a lata de cinco litros. Enche-se a lata de três litros e passa-se para a de cinco litros. Temos então quatro litros exatos.*

Na resposta deste problema constatamos, na sua parte escrita, que os alunos expressaram três níveis básicos de organização. O primeiro nível é o que podemos chamar de intuitivo, em que o aluno pensa o problema não a partir da análise e organização dos dados, mas a partir de um "jeito" externo às condições dadas no problema. No segundo nível os alunos já consideram os dados do problema e procuram resolvê-lo apoiados nestes dados, porém não conseguem respondê-lo satisfatoriamente por faltar uma coordenação mais precisa e global das operações. O terceiro nível consiste num procedimento reflexivo em que o aluno aplica uma estratégia operativa, formal, conseguindo realizar pensamentos de segunda ou mais potências.

### 4.1.2.2. Respostas Coletadas nas Entrevistas

- Entrev.: Quero comprar de você quatro litros. Como você vai fazer para me entregar os quatro litros?

- (FCR): *Vou pôr quatro litros na lata de cinco litros.*

- Entrev.: Sim. Qual a certeza que você está colocando quatro litros na lata de cinco litros? Você pode estar pondo três litros?

- (FCR): (Procura algo de concreto para se apoiar) *não tem lata de 1 litro... Só se conseguir deixar esta lata de oito litros pela metade... Mas mesmo assim como conseguir?... Não sei. Se não tem um lata (medida de 1 litro).*

- Entrev. : E se encher a de cinco litros?

- (FCR): *Vou ficar com três litros nessa ( a de oito litros).. mas não adianta.*

- Entrev. : Você pode fazer uma outra transformação depois?

- (FCR): *Vai ficar sempre assim pra lá e pra cá, não tem solução.*

- Entrev. : E, se você pegasse a lata de cinco litros e passasse para a de três litros?

- (FCR): *Fica com dois litros aqui.*

- Entrev. : E se você devolve estes três litros?

- (FCR): *Fica seis litros na de oito litros.*

- Entrev. : Que tal passarmos estes dois litros aqui para a de três litros e encher novamente a de cinco litros?

- (FCR): *Fica 1 litro aqui (na de oito litros).*

- Entrev. : Que tal você encher a de três litros com a de cinco litros

- (FCR): (Percebe o resultado alcançado , porém não está convencida porque falta-lhe o sentido de totalidade característica do POF ...comenta) *Ninguém pensa isso... É muito trabalhoso. (Mani festa a incompreensão, pelas ações de segunda potência, dos procedimentos operatórios).*

.....

- Entrev.: ... O comprador não vai aceitar pagar quatro litros e receber três litros e o vendedor não quer entregar cinco litros e receber por quatro litros.

- (EBS): *Não pode derramar o óleo?*

- Entrev.: Como vamos fazer?

- (EBS): *Não tem marcação de metade, nada?* (Buscando elementos concretos para se apoiar)

- Entrev.: É latão... como ver?

- Entrev.: (O aluno realiza algumas transformações) ... E se você procurar inverter as transformações?

- (EBS): ... *então põe no de cinco litros, depois para o de três litros, no de oito litros ficam três litros e fica dois litros no de cinco litros.*

- (EBS): *Eu sei que era isso que eu queria, mas não sei porque.* (Manifesta aqui a capacidade de realizar operações de segunda potência, mas ainda não possui consciência do seu potencial).

- (EBS): *Se eu pôr os três litros de volta lá ficam seis litros e aqui dois litros...*

- Entrev.: ... E se você continuasse como ficaria?

- (EBS): *Enche o de cinco litros e aqui (no de oito litros) ficaria 1 litro.*

- Entrev.: Muito bem... e se você tirar um daqui (da lata de cinco litros) para a de três litros que tem dois litros?

- (EBS): *Aí ficam quatro litros nesta (a de cinco litros).*

- Entrev.: quanto tem na late de oito litros?

- (EBS): *Um litro.*

- Entrev.: Mais esta aqui com três litros?

- (EBS): *Põe aí... fica quatro litros.* (balança a cabeça como quem ainda não acredita, no resultado encontrado).

- Entrev.: É assim?

- (EBS): *É, assim dá!*

.....  
 -(SBF): (Tenta inicialmente... ) *Eu entregaria cinco litros e receberia quatro litros.*

- Entrev.: Deixava? ... e daria um litro para mim? (Silêncio)... E se você fizesse um pouco mais de esforço e ficasse pensando no caso, não teria um meio de me entregar só quatro litros e não cinco litros?

-(SBF): *Acho que sim. ...* (Silêncio)... *De todo o jeito ele perde um litro.* (Ainda não percebeu a necessidade de realizar operações).

- Entrev.: Será?... Com as duas latas vazias não dá para tentar um "jogo"... compensação?

-(SBF): *Então põe dois litros na de três litros e dois litros na de cinco litros.*

- Entrev.: E com o você vai conseguir?

-(SBF): *Medindo com uma de um litro.* (Busca auxílio em elemento concreto).

- Entrev.: Mas eles não têm esta lata de 1 litro.

-(SBF): (Silêncio)... *Então não dá.* (Sem ação direta, não dá)

- Entrev.: Então vamos tentar fazer juntos. Pense assim: o vendedor que tem oito litros se encher a de cinco litros fica com três litros... A de cinco litros enche a de três litros e fica com quatro litros na de cinco litros.

-(SBF): (Ao perceber o sentido das operações, ri espontaneamente e começa a participar) *Devolve os três litros da lata de três litros que juntados com 1 litro da lata de oito litros fica também com quatro litros.*

- Entrev.: Qual era a dúvida?

-(SBF): *Não era uma coisa próxima e devia fazer transformações. Eu tentava fazer diretamente.* (Ou seja o aluno tentava resolver um problema de natureza formal com estratégias concretas).

- Entrev.: Está se saindo bem em Matemática (Cálculo)?

-(SBF): *Ai!* (Percebe a relação do pouco sucesso no Cálculo com a sua forma de pensar)... (riso).

.....

A questão número cinco surpreendeu os alunos porque não se apoiava em nenhum dos estereótipos de cálculo adquiridos mediante o treinamento. A observação de FCR (Ninguém pensa isso!) é muito pertinente e sintetiza a posição dos alunos, que se sentiram perdidos ou não se posicionaram operativamente diante da questão. Demonstra também que os alunos, por estarem condicionados, a utilizarem-se de padrões de raciocínio estereotipados como o dos quebra-cabeças que, unindo as peças conforme um modelo pré-estabelecido permite chegar ao resultado. As ações operatórias e auto-reguladoras nascidas na desequilíbrio, como, por exemplo, as do modelo hipotético, são muito pouco freqüentes e estimulados no processo de ensino-aprendizagem. Um modelo hipotético-dedutivo de ensino possui um padrão de resultados imprevisíveis, porém muito proveitoso no Ensino de Biologia (LEWIS, 1988). conseqüentemente, a aventura intelectual de jogar-se ativamente na construção autônoma de conhecimentos, constitui uma experiência rara e de poucos alunos.

Com relação ao hiato de tempo entre a aplicação do teste escrito e a entrevista que ocorreu mais no final do semestre letivo, notamos a influência da disciplina de Cálculos, pelo uso do algoritmo, na discussão dos problemas. Dos sete alunos entrevistados a maioria passou a apresentar, no nosso entendimento, comparando com seus testes escritos, um melhor desempenho devido ao próprio desenvolvimento mental dos alunos ao longo do semestre. O fato de neste semestre ser oferecida a disciplina de Cálculos, esta pode ter sido também um fator do melhor desempenho. Mas nas questões em que os alunos não podiam se apoiar em algum algoritmo, mantinham um desempenho semelhante, porém levemente superior, ao do teste escrito. Ao analisarmos os dados da entrevista, percebemos que, no momento em que assumíamos a posição de estimuladores os alunos apresentavam um desempenho operatório formal superior.

Ao que se mostrava inicialmente como insucesso no teste escrito, nas entrevistas manifestava-se como transição ou consolidação da estrutura, indicando que do início até o final do primeiro semestre, boa parte dos alunos conseguem fazer a transição operativa, tendendo para aspectos mais formalizados. Durante a entrevista evidenciou-se uma situação psicopedagógica que merece destaque especial: quando os problemas eram acompanhados de - estimulação e/ou fornecimento de suporte operativo, os alunos manifestavam um procedimento operativo de transição entre o POC e o POF.

Sem dúvida, possibilitar a passagem do POC e de estágios transitivos ao POF é um aspecto a ser explorado e considerado tanto no planejamento como no ensino das fases iniciais do 3º. Grau, desde que se tenham presentes os elementos lógicos constitutivos e necessários, bem como as estruturas necessárias em jogo em determinado raciocínio que o aluno precisa executar.



## 4.2. Passagens de Aulas

A disciplina de Exercícios de Ecologia tem como objetivo básico introduzir os alunos nos conhecimentos biológicos, tendo como porta de entrada o enfoque ecológico. Para atender melhor seus objetivos, a disciplina é composta por uma parte prática com visitas de campo e outra teórica desenvolvida em sala de aula. A carga horária está estruturada de tal forma que 50% das aulas sejam práticas.

Nossa observação naturalística das aulas, procurando intervir minimamente nas atividades e sem que a professora regente tivesse sido orientada previamente para que produzisse situações pedagógicas com significado clínico, devem-se basicamente ao esforço que empreendíamos para abstrair, na espontaneidade da sala de aula, as estruturas operatórias presentes e atuantes. Transferir os conhecimentos do POF para situações de sala de aula constituiu-se no esforço empreendido na pesquisa e que poderá ajudar os docentes a entenderem alguns dos procedimentos operativos adotados por seus alunos com a manifestação de estruturas do POF.

A sala de aula, tomada no cotidiano das ações do ensino não representa uma situação clássica do Método Clínico, mesmo assim não poupamos esforços para procurar e analisar passagens que satisfizessem as necessidades básicas do Método Clínico. Consideramos clínica a passagem de aula em que no seu decurso natural aconteceu um "feedback" do professor e/ou de contraposições aos pensamentos emitidos pelos alunos, procurando ver a consistência do ponto de vista dos alunos. As passagens de aula que preenchem estes requisitos são raras, mas nem por isso deixam de ser a expressão e a ilustração de procedimentos psicopedagógicos que possibilitam a transição do concreto ao formal.

Dos trechos passíveis de análise, o nosso trabalho de investigação se concentrou em quatro passagens de aulas: duas são encontradas em fitas gravadas e outras duas foram reconstituídas e confirmadas após a aula com o auxílio de alunos e as professoras.

### 4.2.1. PASSAGEM Nº 1

(Turma 91/L, fita nº 1, trecho 350- 870).

Em princípio o objetivo da aula de campo era realizar um trabalho de amostragem quantitativa sobre as cracas do costão rochoso da Praia da Armação. As professoras tomaram, com antecedência todos os cuidados, como por exemplo, examinar a tábua das marés e preparar os quadros para a contagem. Aconteceu que ao chegarmos no local a maré estava alta e o mar agitado, então as professoras precisaram improvisar uma outra atividade que possibilitasse análises quantitativas.

Os alunos foram orientados, num primeiro momento, a observarem e descobrirem interações entre insetos e plantas num conjunto de moitas de uma leguminosa encontrada no local. Num segundo momento, orientou-se os alunos para observarem e quantificarem a presença de cochonilhas em diferentes locais das folhas, que seriam escolhidas ao acaso. A orientação era de que organizassem uma tabela para o levantamento estatístico, visando determinar os locais de preferência das cochonilhas (folíolo, ráquis, nervura...).

Antes, porém, de as professoras definirem os procedimentos um grupo de alunos travou o seguinte diálogo com uma professora:

Aluno 1: *O que é isso professora?*

Profa.: É isso que queremos que prestem atenção. São homópteros.

Aluno 2: *Eles sempre estão na nervura* (enfático).

Profa.: Então... Por que será que estão na nervura da folha?

Aluno 2: *É porque pega direto na seiva.*

Profa.: Vamos procurar ver melhor.

A organização prevista para a observação e coleta de da dos estava fundamentada, principalmente, na estrutura de POF da proporcionalidade e probabilidade inscritas num quadro combinatório (loais possíveis na folha). O trabalho que os alunos deveriam realizar era o de determinar onde as cochonilhas se encontravam em maior proporção para, com o auxílio estatístico, induzirem o tipo de interação inseto X planta, problema que, para esses alunos, já estava solucionado nos primeiros minutos da aula.

Fica uma pergunta: o aluno chegou a este resultado por seus conhecimentos anteriores sobre o assunto ou porque fez uso das estruturas de proporcionalidade e probabilidade? Pelo que sabemos, é pouco comum esse tipo de conhecimento constar nos programas de ensino até o 2º.

Grau. Na hipótese de o aluno possuir conhecimento do assunto, mesmo assim, ao responder fazendo uma aplicação de conhecimentos de Botânica, a sua resposta representaria um salto, uma nova organização do conhecimento dentro de um quadro hipotético-dedutivo, fruto de operações probabilísticas, de proporcionalidade e combinatória.

A resposta dada pela professora, procurando deixar em suspenso a conclusão dos alunos, poderia ter avançado ainda mais com o auxílio de uma contraprova que fizesse o aluno refletir sobre o inseto, como por exemplo: Mas a nervura também contém os vasos lenhosos que são muito duros, como explicar então que as cochonilhas estejam justamente neste local? Isso teria chamado a atenção dos alunos para que pensassem além do hábito do inseto e pensassem nas modificações anatomo-estruturais que possibilitaram a aquisição de tal hábito alimentar. Assim, o localizar-se na nervura da folha deixaria de ser uma necessidade dada e passaria a ser vista como uma conquista adaptativa das cochonilhas.

#### 4.2.2. PASSAGEM Nº 2

(Esta passagem de aula não foi gravada, mas a reconstruímos na aula seguinte com o auxílio dos alunos que fizeram parte do grupo de discussão.)

Na aula de campo a turma 92/1 sobre Mata Atlântica, no Morro da Lagoa, enquanto acompanhávamos como monitor um grupo de quatro alunos, levantou-se a seguinte situação sobre as plantas do dossel superior:

- Existe alguma relação entre a altura e a espessura do tronco?

- Aluno 1 : *As plantas mais altas possuem o caule mais grosso.*

- Perguntamos: Por que? (segue-se um silêncio). Tornamos a perguntar: Qual a função do caule para a Planta?

- Aluno 2 : *É conduzir seiva.*

- Perguntamos novamente Teria mais alguma função? (segue-se novo momento de silêncio). Então, numa exposição dialogada, procurou-se estimular a resposta. Fizemos uma síntese das funções dos órgãos vegetativos da planta, deixando em aberto a função mecânica do caule de sustentação da parte aérea da planta. E perguntamos: Seria possível a manutenção da copa destas árvores se o caule fosse mais fino?... Neste momento então os alunos compreenderam a necessidade de haver um equilíbrio proporcional entre o tamanho da copa e a espessura dos caules.

Ao longo da explicação esteve em jogo a estrutura da proporcionalidade e do equilíbrio mecânico como no dos pratos de uma balança. O procedimento adotado possibilitou aos alunos serem introduzidos aos poucos no interior das estruturas de pensamento não presentes prontamente no momento, possibilitando assim uma transição para o POF. Caso algum dos alunos tivesse na memória as funções do caule, ter-se-ia chegado mais prontamente à resposta desejada, mas mesmo assim precisaria realizar a operação mental de proporcionalidade e de compensação lógica.

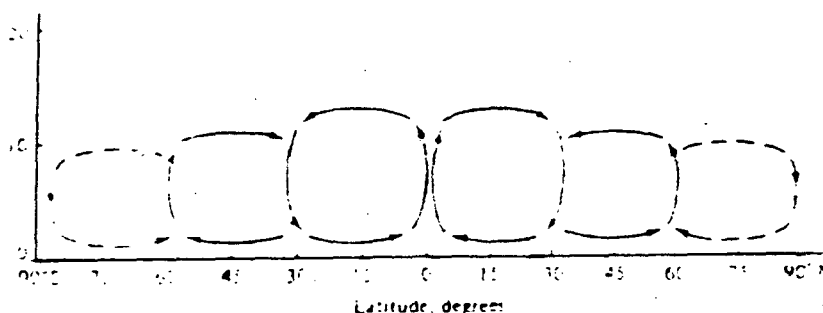
O não desempenho satisfatório imediato estaria condicionado à falta de domínio da noção "funções do caule" para a planta? Caso afirmativo ficaria em aberto outra questão: até que ponto o conhecimento/desconhecimento de uma noção influencia na prontidão de uma resposta? Ou, até que ponto o procedimento de não responder implica, da parte dos alunos, a preocupação em terem algo para dizer do que lhes foi "ensinado" e não do que possam pensar e operar mentalmente sobre o problema? O posicionamento básico dos alunos é de que as questões do professor dizem somente respeito ao que deveriam ter estocado em à memória, e que, de alguma forma, eles devem devolver. Isso explica em parte o medo de errarem e interagirem com observáveis (de ousarem responder algo que seja "novo").

Podemos dizer que esteve presente o quadro lógico (formal) necessário para que fosse "encaixada" como constructo a noção relativa à proporcionalidade da espessura do caule com o tamanho da copada das árvores.

### 4.2.3. PASSAGEM No 3

(Aula do dia 20/12/91 - trecho 2075-2200)

Era uma aula teórica sobre os Fatores Climáticos. A professora após montar, com a ajuda dos alunos, um mapa conceitual, organizando o conjunto dos fatores climáticos (MASON, 1992), começou a explorar o fator luminosidade X calor (temperatura)... Mostrando um gráfico de (PLANKA, 1988) ... pergunta: Onde é que encontramos a maior temperatura?



- Aluno 1: *No zero (de latitude)...*
- Profa.: (corrige) *No Equador ... (e pergunta) Por que será que o Equador é mais quente?*
- Aluno 2: *Porque recebe mais energia... (Radiação Solar).*
- Profa.: *Mas por que está recebendo mais energia?*
- Aluno 2: *Mais tempo de luz durante o dia.*
- Profa.: *Mas, além disso, como é a direção dos raios solares?.... ( deixa alguns segundos e ela mesma responde)..."a pino"... diretos. A direção dos raios solares é extremamente importante.*

A professora demonstra, com um esquema no quadro, a importância do ângulo de incidência dos raios solares para a absorção da Energia Solar. Com o auxílio de um desenho - esquemático, compara o desvio da refração dos raios solares em superfície perpendicular e inclinada.

A noção foi apresentada aos poucos, solicitando dos alunos noções que possuíam sobre a reflexão da luz e, apresentando um esquema que atendia as necessidades concretas dos demais alunos que estavam participando indiretamente da exposição dialogada. Assim, na exposição, a transição operatória do concreto para o formal deu-se passo-a-passo, mediada pelo diálogo expositivo que retirava e introduzia aos poucos os elementos necessários para a construção da noção. O desenho esquemático representou um auxílio concreto que possibilitou uma coordenação dos elementos tempo versus ângulo de incidência dos raios solares, para explicar a maior quantidade de absorção da Energia Solar, conseqüentemente, o maior calor e temperatura na região equatorial da Terra.

Na continuação da noção construída a professora discutiu ainda as estações do ano, a insolação e a neve no alto das montanhas, que podem ser vistas como uma aplicação da noção construída e/ou servir como um "feedback" da noção construída anteriormente.

#### 4.2.4. PASSAGEM Nº 4

Na aula teórica introdutória da disciplina na turma 92/I, a professora ao apresentar os níveis de organização dos seres vivos a partir do indivíduo ( espécie, população, comunidade, ecossistema...), assim procedeu:

- Profa.: "O conjunto de populações que interagem em determinado local"... (explicitava o

conceito de Comunidade).

- Um aluno: (levantou a mão e perguntou:) E diferentes populações de uma mesma espécie, mas em diferentes locais, não seria uma comunidade?...

- Profa.: Não, responde a professora, porque o aspecto interação não está acontecendo.

Embora o raciocínio do aluno não estivesse de acordo com a definição de Comunidade, expôs a estrutura de pensamento reversível hipotético-dedutiva da combinatória, recambiando entre si elementos que constituem a comunidade. Embora o aluno tenha errado por não considerar o antecedente condicional (da interação dos indivíduos), ele atuou sobre um enunciado teórico da professora, extraindo daí relações e conseqüências, caracterizando um pensamento de segunda potência, portanto formalizado.

A seqüência breve do diálogo revela uma situação psicopedagógica particularmente rica, de que, nem sempre, a preocupação inerente de passar as informações aos alunos possibilita ao professor intuir que poderia ser melhor devolver uma pergunta ao invés de dar uma resposta final. Certamente desequilibraria pergunta do aluno, se fosse assim devolvida: "Por que você pensa que diferentes populações, de uma mesma espécie, em diferentes locais, seria uma comunidade?...Onde estaria resguardada, na sua afirmação a interação dessas diferentes populações?" A assimilação/acomodação de determinada noção passa necessariamente pela desequilíbrio.

As passagens apresentadas anunciam que o professor, no cotidiano das aulas, ao interagir com seus alunos numa perspectiva clínica, possibilita: 1) abstrair os porquês das respostas e/ou perguntas dos alunos; 2) compreender melhor os recursos/procedimentos operatórios presentes e utilizados pelos alunos ao enfrentarem desafios; 3) fornecer ao professor um retorno permanente e atualizado do ensino, sem que seja necessário esperar pelas avaliações finais; 4) avaliar se os desafios apresentados possibilitam ou não aos alunos construírem as noções; 5) "insights" para organizar contra-provas às afirmações feitas pelos alunos e verificar se se constituem em construções ou apenas reproduções. Numa palavra, a atitude clínica, no decurso normal das aulas, se constitui num mecanismo auto-regulador do processo ensino-aprendizagem.

## 4.3. QUESTÕES DE PROVAS

### 4.3.1. Motivos da Escolha.

Escolhemos a segunda avaliação (Anexo 2) porque a mesma abrangia todo o conteúdo desenvolvido no semestre. Tomamos para análise as questões número um e número quatro por terem sido as questões que apresentaram maiores índices de erros e receberam mais observações por escrito da professora.

Além dos motivos já mencionados, a questão número um, ao solicitar a organização de um gráfico, possibilita, sem dúvida, no mínimo uma multiplicação lógica, exigindo a compensação de dois fatores. A pergunta solicitava que os alunos analisassem e traduzissem em um gráfico as condições ambientais em que vivem as cochonilhas e os tatuzinhos de jardim. Os alunos poderiam escolher três fatores climáticos quaisquer. Isolamos as provas que os alunos escolheram, entre os fatores, a umidade. Este foi o fator ambiental com maior incidência de erros e problemas de interpretação. Tal fato nos abriu maiores possibilidades de análise.

A umidade relativa (UR) é um fator climático secundário, isto é, dependente da radiação solar, ventilação e pluviosidade, entre outros. Se compararmos com outros fatores ambientais, o aluno necessita fazer um raciocínio de segunda potência e considerar estes fatores para compreender a situação de umidade enfrentada em particular, organismo por organismo, aumentando ainda mais o grau de abstração necessária.

A elaboração de um gráfico supõe sempre a aplicação de conteúdos conexos como o isolamento de variável, determinando qual delas é a dependente. A elaboração de um gráfico também satisfaz o aspecto geral do POF pelo fato de formalizar determinado conteúdo, significando que o indivíduo é capaz de organizar uma noção independentemente de sua forma de apresentação.

A leitura de um gráfico envolve um aspecto da abstração reflexionante de retirar o significado sugerido por uma reta ou curva. Podemos dizer que o trabalho mental parte do concreto em direção ao formal, no sentido de que um dado sensível encerra em si idéias formalizadas. A confecção de um gráfico representa o reverso de sua leitura onde o trabalho mental do aluno parte de uma noção formalizada traduzida em algo mais visível e sensível, como por exemplo, uma curva. Assim, tanto a confecção como a leitura de um gráfico encerram na sua totalidade a abstração reflexionante (BATTARO, 1983; BECKER, 1993).

A questão número quatro exigia que o aluno aplicasse um conceito específico e mostrasse que realmente aprendeu a noção. A análise dessa questão exigia que o aluno manifestasse capacidade em dissociar e isolar os fatores em jogo (os da informação genética e produção de descendência fértil) e em estabelecer as relações lógicas entre eles para uma situação hipotética dada.

Ao longo da análise fomos alertados pela professora regente para uma falha de elaboração quando a questão solicita pela " ninhada que será favorecida pela Seleção Natural", o que pode dar a idéia de que se está pensando em seleção de ninhada, que a seleção age sobre a ninhada, quando o mais correto seria o perguntarmos sobre a seleção de indivíduos que produzem ninhadas de diferentes tamanhos. Apesar da ambigüidade mantivemos a escolha da questão pelas possibilidades abertas não apenas sobre aspectos operatórios formais, mas também sobre as de ordem epistêmica (CANGUILHEM, 1877) que já motivaram muitas pesquisas educacionais (por exemplo, BRUMBY, 1984).

#### 4.3.2. Cuidados e Requisitos de Análise

A análise de estruturas formais a partir de escritos vem cercada de perigos geradores de equívocos. Dentre eles destacamos, principalmente, os relacionados com os padrões psicolinguísticos. Estes são fatores que podem interferir grandemente quando se pretende buscar estruturas mentais em jogo a partir da análise de conteúdos. Corremos este risco por estarmos convencidos de que é possível aos professores começarem a prestar atenção aos fatores de natureza lógica em jogo nas respostas dadas pelos seus alunos, já que, quando os alunos articulam e expõem por escrito uma resposta, o fazem podendo deixar indícios sobre o conjunto de suas estruturas mentais subjacentes.

Para procedermos à análise tivemos o cuidado de transcrever todas respostas dos alunos para: 1) isolar as idéias-chave das questões; 2) descobrir como os alunos organizam e articulam entre si as implicações lógicas das idéias necessárias; 3) buscar uma gradação das respostas dentro de padrões psicogenéticos.



### 4.3.3. Questão nº1

Tatuzinhos de jardim vivem embaixo de pedras, folhas ou troncos e estão sujeitos a condições climáticas bem específicas. Esquematize em gráficos hipotéticos os limites de tolerância desses animais a três fatores climáticos escolhidos por você.

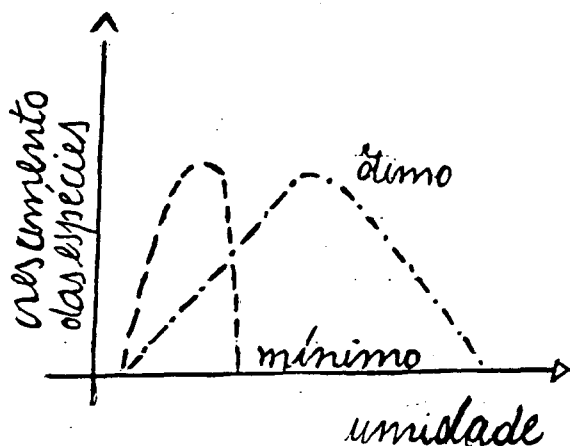
Cochonilhas são insetos com baixa mobilidade que vivem sugando seiva de plantas. Utilizando os gráficos do tatuzinho, proponha as curvas de tolerância para as cochonilhas.

#### 4.3.3.1. A Resposta

Levando-se em consideração apenas o fator umidade relativa do ar (UR), o fato de os tatuzinhos de jardim viverem embaixo de pedras, folhas e troncos é indicativo de maior umidade, principalmente porque esses locais estão abrigados da radiação solar e ventilação diretas, freadas pela vegetação. Isso acaba determinando uma menor evaporação, mantendo assim mais constante e elevada a umidade nesses locais específicos. Em síntese, a UR em tais locais é maior e mais constante do que em locais abertos sujeitos à ventilação e radiação mais intensas.

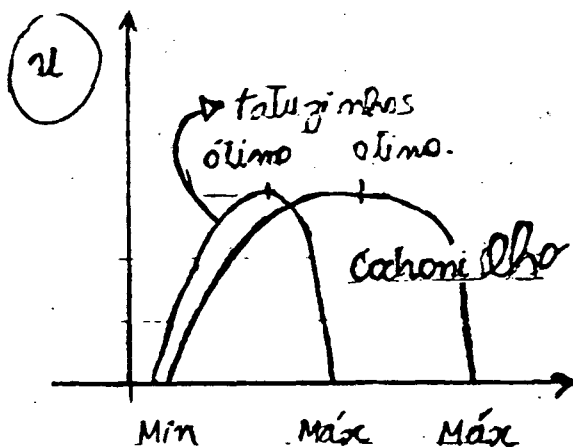
A representação dos limites de tolerância desse fator climático, num gráfico, pode ser expressa numa curva parabólica com vértice voltado para cima com seus pontos de intersecção no eixo "X" bastante próximos, comparando com os pontos de intersecção da curva parabólica da cochonilha. Como os tatuzinhos de jardim vivem normalmente em ambientes muito mais úmidos a sua curva deve estar mais à direita do eixo "Y" do que a curva das cochonilhas.

### 4.3.3.2. Respostas Dadas Pelos Alunos.



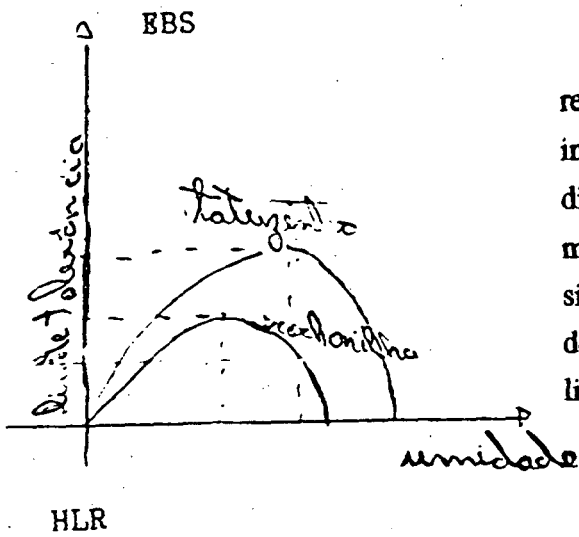
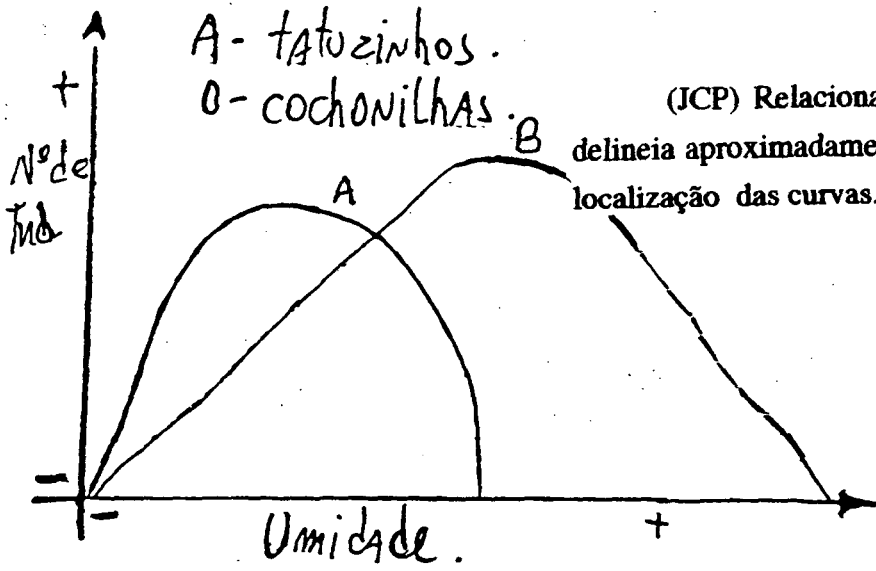
(ELV) - O gráfico mostra-se coerente com a sua interpretação e análise do fator umidade embora esteja errado por não considerar as necessidades lógicas das particularidades a que cada tipo de organismo está sujeito. Tudo indica que passou por cima da análise necessária para caracterizar cada organismo.

TEXTO ESCRITO: Gráfico demonstra que os tatuzinhos possuem capacidades de suportar amplas variações de umidade enquanto que as cochinilhas não.

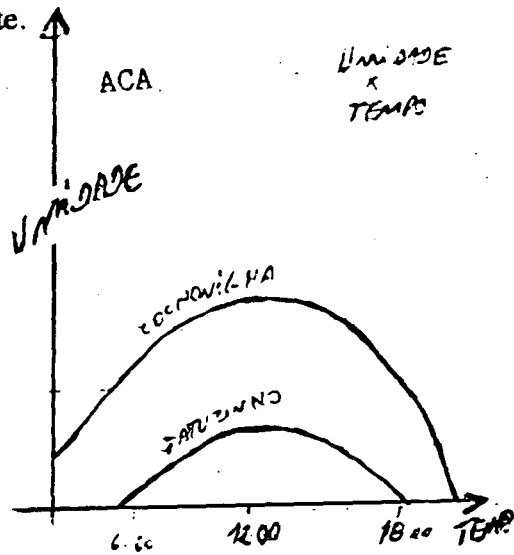
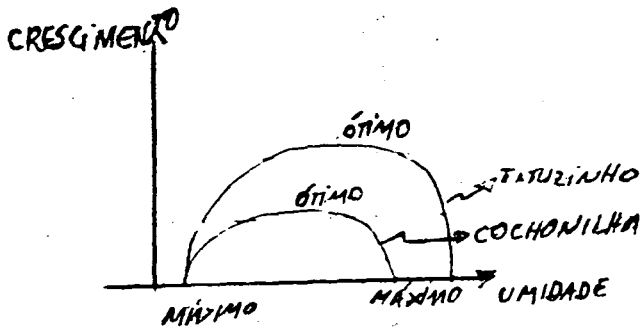


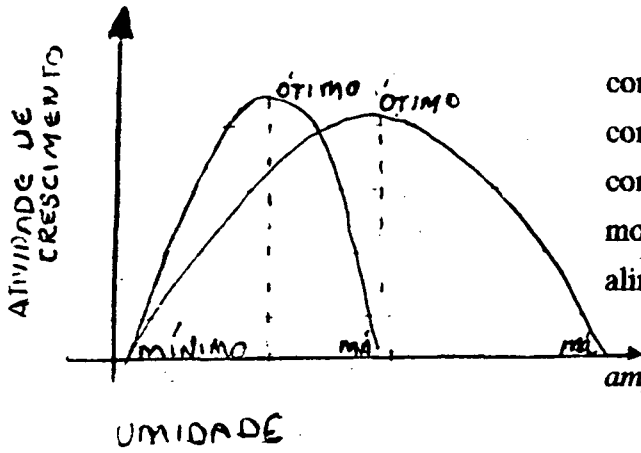
(IGB) - Localiza a curva do tatuzinho próxima ao eixo "Y", confundindo assim pequena variação de umidade com baixa umidade. Os fatores que deveria conjugar na sua multiplicação lógica eram variação de umidade "X" umidade elevada.

TEXTO ESCRITO: cochinilhas = higrófilas (suportam menor variação de umidade, tatuzinhos = xerófitos (suportam menor variação de umidade))



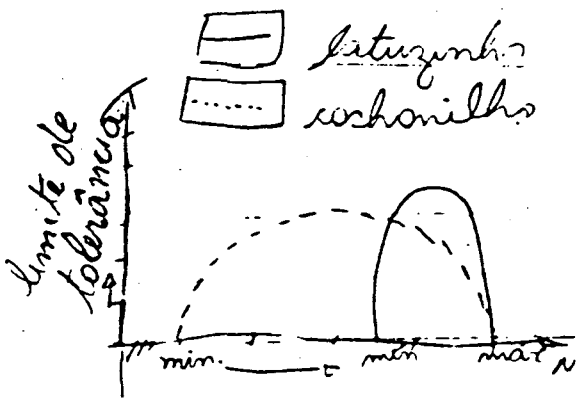
(HLR, ACA e EBS) Apresentam de forma diferente a dificuldade de coordenarem as variáveis independentes e dependentes. Por conta disso torna-se difícil buscar uma lógica interna nos seus raciocínios, mas na raiz das distorções expressas, eles desconhecem ou desconsideram o antecedente lógico - limite de tolerância e as variações possíveis dentro deste limite.



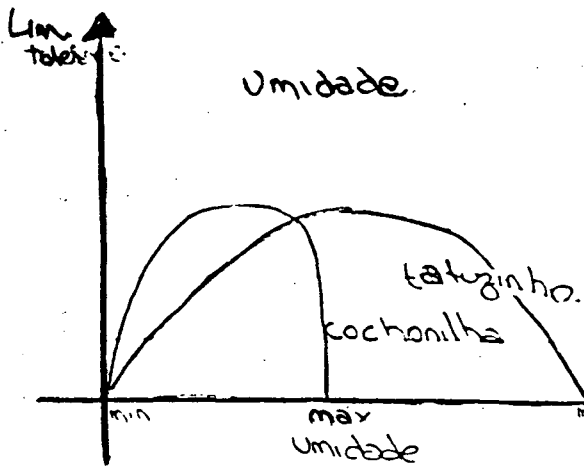


(CAN) - Confunde o fator umidade elevada com ampla variação de umidade e/ou estaria confundindo o fato da cochonilha ter pouca mobilidade com pequena variação de umidade. A pouca mobilidade da cochonilha está em função de seu hábito alimentar e não da UR.

TEXTO ESCRITO : O tatuzinho de jardim suporta ampla variação de umidade enquanto a cochonilha não.



(AAG) - Embora não conseguindo fixar a variável do eixo "Y" acerta as curvas tanto no traçado quanto em sua localização. Seu erro está em não determinar a variável dependente.



(DA) - não acerta a análise das condições em que cada organismo vive, conseqüentemente errou também o gráfico tanto na localização sobre o eixo "X" como no traçado das curvas.

TEXTO ESCRITO : No solo a umidade é menor do que em árvores.

#### 4.3.3.2. Estruturas mentais em jogo

Ao dito inicialmente, na apresentação das questões da prova tomadas para análise, podemos acrescentar que a questão número um é particularmente rica em estruturas que podem ser, direta ou indiretamente, objetos da nossa análise. Dentre elas sobressai em primeiro plano A Dissociação dos Fatores, como estrutura mental necessária para compreender a organização lógica e a dependência existente entre as variáveis da Variação de Umidade (ampla ou restrita) X Umidade Relativa (elevada, moderada ou mesmo reduzida).

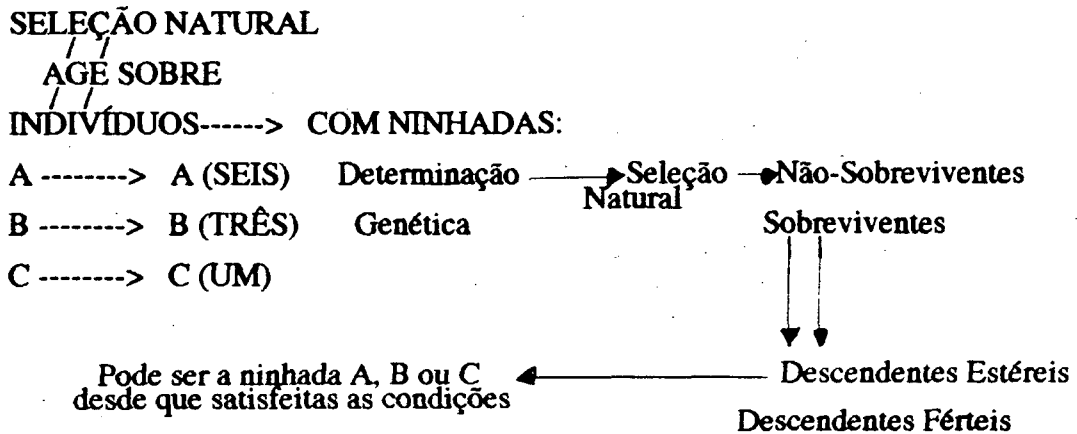
Outra estrutura que pode ser associada na análise dessa questão é a Correlação. Para responder corretamente à pergunta o aluno necessitava estabelecer relações entre o local onde os organismos se encontravam e as condições do microambiente associadas aos seus hábitos.

Outras estruturas como os Sistemas de Duplas Referências as Estruturas do Grupo INCR e a Multiplicação Lógica podem ser também objetos de análise. Além de servir para analisar em específico estruturas mentais, a questão número um também possibilita analisarmos o aspecto formalizante do POF, porque solicita a tradução da informação de dados numa forma diferenciada do texto escrito.

#### 4.3.4. Questão nº4

Considere que numa população de gatos, alguns produzem ninhadas com seis filhotes, outros com três filhotes e outros com apenas um. Dado que a característica número de filhotes produzidos por ninhada é geneticamente determinada, qual o tamanho de ninhada que você espera que seja favorecido pela seleção natural? Justifique sua resposta usando o conceito de aptidão.

### 4.3.4.1. Estrutura de Resposta Esperada



Requisitos para aptidão:

- 1) Informação genética para resistirem ao processo de Seleção Natural;
- 2) Sobrevivência ao fator de Seleção Natural, a "priori" desconhecido;
- 3) Continuidade dos genes do indivíduo na população.

A informação do número de filhotes por ninhada é um elemento perturbador que "a priori" nada informa sobre a existência de características genéticas que permitam sobrevivência desses filhotes à Seleção Natural numa situação futura. Na realidade, o tamanho da ninhada tem função de apenas marcar diferentes grupos dentro da população que poderiam ser denominados A, B ou C. Poderia ser um fenótipo qualquer como, por exemplo, o tamanho do macho, a cor da pelagem, o tamanho da cauda, etc.

A Seleção Natural é qualquer processo ou mecanismo que age através de quaisquer fatores constantes ou inesperados, biológicos ou não, que agem favorecendo indivíduos dentro de uma população cuja capacidade de sobrevivência a este processo, está, de alguma forma, inscrita no genoma dos indivíduos. A partir deste potencial genético é muito difícil estabelecer uma previsão futura de quem vai sobreviver e reproduzir, pois, apesar de ser o registro histórico da espécie e do indivíduo, "a priori" não determina quais serão os indivíduos mais aptos numa nova situação ambiental. O que se pode dizer é que o indivíduo mais adaptado ao meio ambiente não é necessariamente o mais apto. É fundamental a existência de informação genética para resistirem a uma nova situação, a um fator aleatório e/ou não predeterminado, externo aos organismos para a sobrevivência à Seleção Natural e produção de descendentes férteis para a continuidade de seus genes na população.

#### 4.3.4.2. Por uma Proposicional

Considerando os elementos constitutivos da logística implícita, temos  $p$  (=possuir informação genética que permite sobreviver ao processo de Seleção Natural),  $q$  (= sobrevivência) e  $r$  (= reproduzir descendentes férteis). Encontramos no seio de uma população três possibilidades reais. A primeira possibilidade é aquela desejada, em que os indivíduos, ao possuírem informação genética ( $p$ ), sobrevivem diante de determinado fator da Seleção Natural ( $q$ ) e produzem descendentes férteis ( $r$ ) e então estão aptos ( $\text{apto} = p \rightarrow q \rightarrow r$ ). Outra situação possível é quando os indivíduos possuem capacidade de sobreviver ao processo de Seleção Natural, mas são incapazes de gerar descendentes férteis ( $p \rightarrow q \rightarrow \bar{r}$ ) e não são aptos. A terceira possibilidade é a de não possuírem informação genética ( $\bar{p}$ ) necessária, o que não lhe possibilitaria sobrevivência à Seleção Natural ( $\bar{q}$ ), e também não são considerados aptos ( $\bar{p} \rightarrow \bar{q} \rightarrow \bar{r}$ ).

#### 3.4.3. Comentários Relativos ao Assunto e Análise do Ponto de Vista das Estruturas do POF

Os alunos apresentam um obstáculo na compreensão espaço-temporal, manifesta na dificuldade em perceber que não se trata de um fenômeno no qual pode-se observar imediatamente seus efeitos. Falta a idéia da dimensão do tempo evolutivo que possuem outras unidades (milhares e até milhões de anos).

É necessário ultrapassar a simples sobrevivência imediata a fatores de Seleção Natural, mediada por algum fator catastrófico, inesperado, mas que garanta a continuidade de seus genes. Os alunos mostram-se presos ao primeiro antecedente condicional exigido na resposta, por ser imediatamente mais sensível, sem conseguir conjugar simultaneamente com o segundo elemento necessário para a idéia de aptidão. Qualquer informação genética tem relação com a história/passado do indivíduo, mas não com suas possibilidades futuras de sobrevivência e reprodução numa nova situação. Eis alguns exemplos de considerações dos alunos: (FCR) *... ninhada de seis filhotes... indica que seus pais eram mais aptos nas condições ambientais em que viviam...* (IBG) *seis filhotes seria favorecida pela Seleção Natural os progenitores mais aptos uma vez que a aptidão está diretamente ligada ao número de descendentes férteis.* (GMS)

*... poderem se perpetuar, devido ao seu maior número de indivíduos... estão mais adaptadas, pois seus pais estavam mais aptos para terem este número de filhotes, estavam mais adaptados ao meio, transmitindo estas características para o genótipo de seus filhotes.*

Os dinossauros eram organismos muito adaptados ao ambiente em que viviam e as informações genéticas que possuíam diziam respeito às aquisições passadas. Mas o ambiente mudou e as informações genéticas que possuíam foram insuficientes para sobreviverem e/ou deixarem descendentes férteis num novo ambiente. O organismo adaptado hoje não é necessariamente adaptado noutra situação diferente, nova no futuro. A idéia de aptidão leva em conta não somente a sobrevivência imediata, mas a vida toda do indivíduo e o número total de descendentes férteis que deixa.

Os alunos relacionam tamanho de ninhada com >>> possibilidade de "continuidade da espécie" como uma expressão de cunho mágico capaz de explicar tudo: (ELV) serão mais aptos aqueles que se reproduzem mais, disseminando suas características e sobres saindo em relação aos outros... (FCR) *serão mais aptos em relação aos filhotes de outras ninhadas e, provavelmente, quando em fase de reprodução terão grandes ninhadas e assim sucessivamente....* Embora trazendo mais elementos, o raciocínio se desdobra dirigido por uma bicondicional, número de filhotes implicando na continuidade da espécie: (DA) *A ninhada é geneticamente determinada, no entanto o ambiente possui o fator de seleção pois alimento, abrigo, predadores influenciam neste processo. Quando o alimento está em abundância uma ninhada pode ser grande, no caso seis, quando ocorre o inverso a ninhada é pequena [um]...* (HLR) *A ninhada de seis filhotes será a mais favorecida à níveis de Seleção Natural...* (AAG)... *Um maior número de descendentes indicaria uma maior aptidão.*

O número de filhotes por ninhada não é o fator principal, mas sim a sobrevivência e a fertilidade destes filhotes. O número de filhotes numa ninhada maior não significa que em maior número chegarão à idade adulta e os que chegarem a esta idade serão todos férteis e produzirão descendentes férteis. Qual o motivo que levou a maioria dos alunos a elegerem indivíduos que produzem as ninhadas de seis filhotes como os possuidores de maior aptidão, se qualquer ninhada poderia ser considerada? Seria uma incapacidade abstrativa?

A concepção dos alunos possui ligação direta entre quantidade de filhotes e sobrevivência. Por que? Por que não ligam com a reprodução destes filhotes? Simplesmente por não pensarem em continuidade genética, ou na necessidade de uma informação genética. Esta é necessária, mesmo que para um novo padrão de comportamento, para uma aprendizagem. E um novo



comportamento só é possível se existir informação genética para tal. Uma parte de qualquer comportamento aprendido contém componentes inatos. Vejamos os exemplos que seguem: (EBS) *Levando-se em conta a existência de um grande número de predadores dos gatos, a ninhada com mais filhotes seria favorecida pela seleção natural. Já se o fator dominante fosse o alimento escasso, a ninhada com menor número de filhotes seria favorecida...* (CAN) *A ninhada favorecida será a de três filhotes porque pela Seleção Natural será a que mais sobreviverá. Isto acontece porque não será como a de seis filhotes que terão que competir pela comida e também haverá um aumento de predadores, por isso morrerá a maioria, por exemplo quatro, já a ninhada de um se morrer acaba. Por tudo isso a espécie(?) mais apta é a de três filhotes porque eles terão comida e a quantidade de predadores é controlada por isso eles serão mais aptos ou reproduzirão mais...*

E quanto à correlação: Existe alguma correlação entre o número de filhotes por ninhada com a aptidão? Qual é a possível correlação? A primeira idéia que sobressai é a de que o grupo que possui maior ninhada é o mais apto. É uma correlação imediata, direta, porém falsa, pois não considera as condições básicas necessárias dentro de um quadro lógico que torna possível a resposta a questão.

Ao responderem a pergunta, a maioria dos alunos apresenta uma lógica espontânea que se apóia numa proporcionalidade direta. A idéia expressa é de que quanto maior a descendência, maior é a possibilidade de sobrevivência. Os alunos manifestam dificuldades de formalização ao terem que dissociar a aptidão do número de filhotes produzidos, como exemplos: (ELV) *Provavelmente, a ninhada com seis filhotes será a mais favorecida pela seleção natural, já que quanto maior o número de filhotes, maior a possibilidade de se perpetuarem as características genéticas dos indivíduos...* (EB) *seis filhotes, pois há maior probabilidade de "ao acaso ocorrer uma mudança de comportamento e passar esta mudança de comportamento para os descendentes.* (IBG) *A ninhada com seis filhotes seria mais favorecida pela seleção natural... a aptidão está diretamente ligada ao número de descendentes férteis...* (ACA) *A seleção natural favoreceria a ninhada com seis filhotes. A troca genética neste caso é muito maior, gerando indivíduos mais aptos, ou seja, com capacidade de gerarem mais descendentes férteis...* (IGB) *Quanto maior o número, maior a sobrevivência, pois mesmo ocorrendo o predatismo e mortes, sobrarão mais filhotes do que as outras ninhadas...*

Apesar de manifestarem o pensamento apoiados em estruturas mentais como a probabilidade, os alunos erraram por desconsiderarem total ou parcialmente as condições antecedentes - necessárias para explicar a possível permanência da população de um grupo de gatos.

Consideraram somente os extremos: informação inicial, número de filhotes por ninhada, e a situação final por eles entendida como continuidade da espécie. Os alunos estariam certos se tivessem se expressado assim: Se todos os grupos sobreviverem e se todos igualmente gerarem descendentes férteis, então indivíduos que produzem a ninhada de seis filhotes serão mais aptos.

Poucos alunos, como (HLR), fazem a aplicação correta do conceito de aptidão e apto para interpretar os dados do problema, "forçando" a explicação ao mencionarem que a sobrevivência ao mecanismo de Seleção Natural é o suficiente para explicar o conceito de aptidão. (HLR) *A ninhada de seis filhotes será a mais favorecida a níveis de Seleção Natural. De maioria com a aptidão, os mais aptos são aqueles que respondem e conseguem se reproduzir em quantidade e que também consigam transmitir estas características a nível genético...*

Afora as dificuldades de ordem lógica e de conhecimentos, um mínimo de alunos consegue perceber que o tamanho da ninhada não tem relação direta com aptidão. Isso denota que adquiriram uma representação mais generalizadora e que pode ser aplicada em todas as situações : (ER) *Aptidão: é o número de descendentes férteis na população. (É o valor relativo, entre vários indivíduos). A ninhada que seria favorecida pela Seleção Natural é a maior, ou seja, aquela com seis filhotes, pois se pelo menos todos forem férteis e derem origem a mais de um filhote, o número resultante será o dobro tendo um maior número na espécie. Pode ser também a ninhada de três se daqueles seis, três morrerem e dois não forem férteis, e dos três da segunda ninhada todos forem férteis. Ou pode ser a terceira ninhada, com um filhote, se na primeira ninhada quatro morrerem e dois não forem férteis e na segunda ninhada se dois morrerem e um não é fértil. Vai depender.*

Da análise das respostas dadas pelos alunos nessa questão, sobressaem, de um lado, as dificuldades de aplicação de um conceito relativo e abstrato e, de outro lado, a ausência ou não-uso das estruturas de raciocínio necessárias para uma resposta bem sucedida. A resposta tem seu dorso básico na conjugação de dois antecedentes condicionais articulados num quadro - combinatório apoiado na exclusão de fatores. No entanto as estruturas mentais que mais se manifestaram foram a da proporcionalidade e da correlação imediata. As respostas dadas pela maioria dos alunos reforçam o fato de possuírem formas operatórias transitivas entre o POF e o POC. As respostas espelham esta situação de transitividade principalmente por considerarem ora um ora outro dos antecedentes condicionais.

Se o aluno possui estruturas de POF ou parte delas, por que não consegue adequá-las e

organizá-las na solução do problema? Porque carece de seu sentido reticular, de conjunto, marca característica e determinante do POF. Adotar a estratégia de ação passo-a-passo, sem considerar a totalidade do problema, aproxima o aluno mais das estratégias operativas do POC do que das do POF.

Da nossa análise devemos ponderar que se trata de um raciocínio baseado no quadro lógico da combinatória, uma das últimas estruturas do POF a se firmar no indivíduo. E essa estrutura de raciocínio associada a uma forma condicional torna logicamente mais complexa a resposta desejada e o trabalho mental que deverá realizar.

Uma provável consequência para o ensino é a possibilidade de que o professor, conhecendo a estrutura mental necessária para a compreensão plena do assunto, possa organizar a sua exposição no sentido de que o aluno vá construindo, aos poucos, a noção dentro do quadro lógico necessário para a sua compreensão. Para que sejam postas em jogo as estruturas mentais de seus alunos, o professor deve procurar desequilibrá-los e desafiá-los ao máximo possível. A utilização do mapa conceitual (MASON, 1992) seria uma boa estratégia metodológica capaz de introduzir e/ou avaliar a compreensão plena do assunto, mas também perceber alguns pontos do desenvolvimento mental dos alunos.

## CAP. V – ANÁLISE DOS DADOS

O objetivo deste capítulo é o de aprofundar a análise preliminar feita na apresentação dos dados coletados, dando-lhes um tratamento mais detalhado, estrutura por estrutura, fazendo uma triangulação com os fundamentos teóricos e, no final, com as situações psicopedagógicas. Este procedimento analítico faz-se necessário para compreendermos melhor as operações mentais executadas pelos alunos. O roteiro seguido é basicamente o mesmo adotado no desenvolvimento da fundamentação teórica.

Os dados coletados para o nosso Estudo de Caso, entre maio de 1991 e agosto de 1992, ante a problemática levantada, objetivos e hipóteses confrontados aos fundamentos teóricos sobre o POF, nos possibilitam as reflexões que seguem.

Antes de avançarmos na explicitação deste capítulo precisamos anular a possibilidade de equívocos relacionados aos conteúdos analisados. A rotulação de conteúdos como "formais" ou "concretos" constitui equívoco na análise das estruturas mentais. O Ciclo de Krebs não é por si só formal ou concreto, mas, para se ter uma compreensão mais efetiva o aluno precisa usar as estruturas mentais formais. O concreto e o formal se relacionam com a ação mental do sujeito, quer na presença ou ausência do objeto, e não da natureza do objeto em si (TAGLIEBER, 1989). Um conceito pode ser tanto concreto ou formal, dependendo do significado usado e assumido para o indivíduo (KARPLUS 1977).

### 5.1. Dos Instrumentos de Pesquisa

Os instrumentos de pesquisa já receberam alguns comentários à medida que explicitávamos a metodologia e apresentávamos os dados coletados. Por isso, nesta secção pretendemos destacar deles os seus aspectos mais significativos e de contribuição no desenvolvimento do núcleo vital da pesquisa.

Dos instrumentos utilizados na pesquisa, os **Relatórios das Aulas Práticas** foram os mais difíceis de atribuir-lhes significado clínico, tanto assim que abandonamos o propósito inicial de

inclui-los como dados para análise. Dos relatórios das aulas de campo, dado o contexto de sua elaboração, em grupo e com auxílio bibliográfico é praticamente impossível saber o que e como cada aluno pensa individualmente.

A **Prova Escrita** adquiriu valor para nossa investigação devido ao conjunto de operações mentais que os alunos deveriam realizar para responderem as questões e também devido ao reduzido espaço deixado para reproduções simples e diretas de noções memorizadas. Mesmo assim, se tomadas isoladamente para investigar o funcionamento das estruturas formais, necessitariam de uma complementação com entrevista clínica.

Num contexto como o da pesquisa realizada, os **Testes** que, por natureza, visam mais aspectos quantitativos e extensivos, para terem caráter mais intensivo necessitam ser elaborados de tal forma que possibilitem aos alunos exporem mais seus raciocínios e que os seus resultados sejam relativizados e confrontados com outros instrumentos, de preferência com instrumentos clínicos.

A **Entrevista Clínica**, utilizada somente no terço final do semestre 92/I, foi um instrumento de pesquisa que na investigação poderia ter assumido uma abrangência maior, buscando entrelaçamento com os demais instrumentos além do teste escrito. Apesar de não ter sido utilizada na amplitude que seria necessária, desempenhou um papel decisivo para entendermos melhor os dados coletados pelos demais instrumentos. Podemos dizer que o entendimento efetivo do significado clínico da pesquisa deu-se a partir da realização das entrevistas.

As **Aulas de Campo** mostraram, a princípio, um potencial maior para a coleta de passagens de aula por ser uma situação mais espontânea e de contato direto com os observáveis, mais próxima dos experimentos clínicos. A existência de uma orientação ou determinação prévia de sentido clínico teria fornecido uma quantidade maior de dados que atenderia simultaneamente o funcionamento das estruturas mentais formais e os aspectos psicopedagógicos. Para tanto, uma orientação pró-contraposições (ver item 2.4), na condução das aulas, aumentaria os dados com significado clínico e seriam suficientes na presente Dissertação, dispensando os demais instrumentos para a coleta de dados.

Do conjunto dos instrumentos utilizados na pesquisa para a coleta de dados pode-se induzir que existe um coerência interna entre eles quando analisados na perspectiva clínica. Porém notamos que, na proporção em que se afastavam do padrão clínico, mais difícil se

tornava inferir-lhes um valor que aten desse às necessidades implícitas para pesquisar o funcionamento das estruturas mentais.

## 5.2. Aspectos Genéricos do POF

No referencial teórico, aludimos a que o POF pode ser compreendido a partir de suas estruturas ou os aspectos mais gerais do seu funcionamento que também podem ser abstraídos do conjunto delas. Este trabalho abstrativo possibilita retirar do conjunto das estruturas três aspectos: o hipotético-dedutivo, o abstrato e o formal.

Na contraposição dos dados coletados ante os aspectos genéricos do POF, nota-se uma gradação decrescente que vai do aspecto hipotético-dedutivo, ao formal, passando pelo aspecto Abstrato.

O aspecto hipotético-dedutivo pode ser exemplificado na passagem de aula nº 1 quando o aluno afirma: "é porque pega direto na seiva". A resposta encerra em si uma hipótese associada a um elemento dedutivo ou conclusivo que pode ser traduzida nos seguintes termos: "Se as cochonilhas são insetos que se alimentam da seiva, então só podem estar localizadas na nervura que é o local por onde circula a seiva". Emitir uma hipótese com tal conteúdo prova ter havido um trabalho mental anterior em que os dados do problema foram trabalhados num quadro combinatório, possibilitando uma resposta de cunho probabilístico, no sentido mais amplo, extraindo conseqüências lógicas do problema apresentado e das informações disponíveis.

O aspecto o hipotético-dedutivo marcou tanto a participação dos alunos ao perguntarem e/ou emitirem hipóteses, quanto da professora que desafiava constantemente os alunos com questões como: por que será que...? se é assim nesta situação, como será noutra? e se...? A regência poderia ter avançado mais nesta direção, recorrendo ao auxílio de contraprovas, desequilibrando-os para deduzirem as conseqüências das idéias emitidas por eles próprios.

O aspecto Abstrato é fundamental para caracterizar as operações formais, pois tratam-se de operações mentais de segunda potência e de ações executadas na ausência dos objetos. Este aspecto mostrou-se, respectivamente, necessário e evidente na análise da questão número quatro da prova e na questão número cinco do teste. Em ambas situações os alunos necessitavam fazer

operações sobre operações sem perderem de vista os condicionamentos lógicos para chegarem às respostas esperadas. E o resultado que podemos inferir daí é que o procedimento mais utilizado pelos alunos é o da ação direta sobre os dados e que é menos comum serem solicitados a resolverem problemas cuja solução dependa de uma transformação, de um tratamento dos dados para, obterem a resposta.

Percebemos que a regência da disciplina, desde a primeira turma que acompanhamos, manteve um esforço crescente para estabelecer ligações com o concreto, através das aulas de campo sempre organizadas e acompanhadas de orientações, roteiros e questões que possibilitavam a abstração reflexionante. Nas aulas teóricas havia uma orientação desde a preparação, buscando estabelecer laços com o concreto, por isso em nenhuma aula faltaram lâminas e/ou slides, perguntas provocativas, organização de mapas conceituais com a participação dos alunos e a sugestão de artigos de revistas ou jornais e material bibliográfico ligados aos conteúdos. E aqui convém fazer uma ressalva: a apresentação detalhada de uma noção com o auxílio de material e/ou situações concretas não é garantia automática de que este conceito será entendido formalmente, pois a assimilação acontece no conjunto das estruturas mentais disponíveis. A apresentação em contexto concreto diz respeito aos fatores externos da aprendizagem e não é a garantia do funcionamento das estruturas formais do indivíduo.

O aspecto formal comparando aos demais aspectos genéricos do POF, mostrou-se o menos evidente, principalmente quando se tratava de interpretar e organizar gráficos. Este aspecto do POF possibilitaria ao aluno retirar o conteúdo de determinada noção presente em gráfico, fórmula ou esquema qualquer, como também o sentido inverso de apresentar determinada noção em gráfico, fórmula, etc. Dada a sua importância ao entendimento da disciplina, não faltaram aos alunos oportunidades e material para explicar, montar e exigir gráficos nas aulas, relatórios e avaliações.

Apesar de colocarmos os aspectos genéricos no início das análises, na prática seriam melhor apreendidos, no seu sentido pleno, se ancorados na compreensão do conjunto das estruturas formais, pois o funcionamento mental do indivíduo se dá de forma elementar a partir das estruturas.

Podemos sintetizar dizendo que o POF se caracteriza por operações de segunda potência, ou seja, ações sobre ações sem que seja necessária e/ou indispensável a presença de objetos e/ou representação dos mesmos.

No atendimento aos aspectos genéricos do POF, requeridos na disciplina, a regência evidenciou como princípios de procedimentos de ação docente: 1) o estabelecimento de ligações com o concreto próximo, favorecendo que os alunos trouxessem situações e problemas relativos à disciplina; 2) a exigência de que os alunos apresentassem elaborações mais precisas e organizadas, fazendo observações e orientações por escrito em provas e relatórios, oportunizando refazerem seus relatórios; 3) favorecimento de informações atualizadas e coerentes; 4) a organização de avaliações com cunho predominantemente operativo.

### 5.3. A Combinatória

Do referencial teórico, pode-se desprender que a combinatória é uma estrutura operacional que atua no quadro dos possíveis, re combinando-os e reorganizando-os.

Na passagem de aula número quatro, apesar de a sua aparência mais imediata trazer à tona o sentido reversível de uma operação mental do aluno sobre um enunciado teórico da professora, este sentido ultrapassa o usual do POC, pois apóia-se em coordenações mentais dentro de um quadro proposicional de implicação recíproca (se o conjunto de populações de um determinado local constitui uma comunidade, então é possível que também populações de uma mesma espécie em diferentes locais seja uma comunidade).

O enunciado da pergunta contém o trabalho mental do aluno que reorganiza e recombina uma situação nova para os elementos do enunciado da professora e isto também, para ele, se constitui em uma comunidade. É claro que faltou ao aluno a análise do sentido lógico de sua afirmação, por isso a pergunta, a dúvida, ante o resultado alcançado no uso de seu raciocínio. Ao aluno, no momento, não importava tanto o sentido lógico quanto a nova possibilidade aberta que necessitava ser testada, confrontada com a da professora. Isso confirma o que enunciamos no capítulo teórico onde afirmávamos com Piaget que o aluno POF é capaz de raciocinar logicamente sobre proposições, reorganizando-as e recambiando-as, considerando-as puramente como hipóteses a serem testadas. Foi o que fez (ELV) ao perguntar à professora.

Na questão número quatro da prova também fazia-se necessária uma análise combinatória após satisfeitas as condições dadas na pergunta. Considerar simultaneamente todas as possibilidades para a resposta desejada é uma atividade mental presente e que pode ser atribuída à resposta dada por (ER).



A combinatória, pela sua natureza operativa, possui estreitas ligações com o sentido hipotético que pode muito bem ser explorado nas situações pedagógicas a partir da geração de questões provocativas como, por exemplo: o que aconteceria para os vegetais se em determinado momento as células perdessem definitivamente os cloroplastos? como seria se...? Numa palavra: "incomodar" os alunos com situações imprevisíveis e/ou possíveis, mesmo que apenas teoricamente.

#### 5.4. A Dissociação dos Fatores e a Exclusão

A dissociação dos fatores comporta em si o aspecto analítico e experimental na busca das relações lógicas e de prioridade entre os fatos ligados a um determinado fenômeno.

A questão número quatro da prova pode muito bem servir como dado suporte para analisarmos e compreendermos o sentido operacional da dissociação dos fatores. Diante da situação problema, o aluno deveria agir mentalmente para compensar os fatores dados no problema e aquele que foi exigido como condição prévia, que o aluno deveria aplicar (noção de aptidão). Em última análise deveria não apenas escolher aleatoriamente um dos fatores, como fizeram a maioria dos alunos, fixando-se no dado mais sensível e imediato (número de filhotes por ninhada), mas se tratava, isto sim, de fazer variar esses fatores e retirar as conseqüências dessas variações para, aí sim, articular uma resposta dentro do quadro delimitado no problema.

A exclusão de fatores é uma estrutura mental muito necessária para a compreensão dos fenômenos biológicos na sua totalidade. Não se trata de negar a existência de um fator, mas se trata, isto sim, de ver qual é o significado real deste fator no fenômeno, de estabelecer as relações lógicas e as prioridades dos fatores que atuam no fenômeno. Assim, a aptidão é o fator que se sobrepõe ao do número de filhotes por ninhada.

Nas respostas tabuladas dos alunos, constatamos que alguns realmente não sabiam precisamente o significado de aptidão, mas também foi possível verificar que entre os alunos que expressaram o significado de aptidão poucos foram os que elegeram a aptidão como o fator principal e/ou tamanho da ninhada como um fator secundário.

A exploração de variáveis nos experimentos realizados em situações psicopedagógicas constitui um procedimento favorável ao desenvolvimento desta estrutura mental.

## 5.5. Proporções

A proporcionalidade constitui uma estrutura operatória que possibilita compensar multiplicativamente dois sistemas de referência, mantendo o equilíbrio entre eles.

A passagem de aula número dois, em que se discutia a relação existente entre altura do caule e sua espessura, põe em jogo a estrutura da proporcionalidade.

Do relato percebe-se que os alunos viam o caule da árvore e não a árvore como um todo funcional integrado e harmônico. A visão parcial (POC), não funcional (POF), impedia-lhes de perceberem o caule em relação à copa da árvore. Quando percebem esta relação é que se estabelece a proporcionalidade entre a espessura e a altura, mas condicionada ao tamanho da copa. Assim é possível compreender a existência de árvores altas com caule espesso por possuírem copa avantajada ou a existência de uma palmeira alta e fina porém com uma copa bem mais reduzida.

Na questão número um do teste, a maioria dos alunos resolveu a questão apoiando-se no modelo matemático da regra de três, dado este confirmado nas entrevistas. Nas respostas, os alunos evidenciaram em primeiro plano a presença do algoritmo se sobrepondo ao sentido operacional da estrutura. Embora este seja o padrão operativo, quando exigido no seu sentido lógico e qualitativo a maioria quase absoluta dos entrevistados confirmou a estrutura após serem estimulados. Esta mostrou-se ser uma estrutura bastante utilizada pelos alunos. Quanto à sua forte ligação com o algoritmo, é conveniente retomar parte do depoimento de (ELV): "Depois de tantos anos estudando.... a gente escolhe a solução mais prática... sem pensar naquilo que leva a gente responder daquela forma".

Como na construção desta estrutura mental os aspectos quantitativos normalmente antecedem os aspectos qualitativos, é conveniente e proveitosa a sua utilização lógica nas atividades de ensino para tirar todo o proveito possível e necessário da sua operacionalidade.

## 5.6. Probabilidade

A probabilidade tem como requisitos básicos a proporcionalidade e a combinatória que tornam possível ao indivíduo a assimilação do acaso, realizando operações lógicas.

Optamos pela não utilização dos dados relativos à estrutura conseguidos mediante o teste e entrevistas, pois julgamos que acrescentariam muito pouco para a compreensão do seu funcionamento e da avaliação da presença dela entre os alunos.

Como no caso da proporcionalidade podemos perceber que ela também possui ligação com um algoritmo matemático e/ou numérico antecedendo o seu sentido lógico operacional.

Esta estrutura do POF, por mais de uma vez, foi levantada como presença necessária ou atuante, juntamente com outras estruturas, objeto de nossa análise. A probabilidade está implícita na passagem de aula número um quando os alunos realizaram a operação lógica da correlação. O restante dos alunos que não foram alvo da passagem de aula deveriam passar por ela, trabalhando os dados tabulados no campo.

A probabilidade também emerge na análise que empreendemos na questão número quatro da prova em que os alunos, de forma errônea, raciocinavam nestes termos: "a ninhada de seis filhotes será a favorecida pela seleção natural, pois quanto maior a descendência maior é a possibilidade de sobrevivência". A operação mental em si era correta, porém falha, por desconsiderar a simultaneidade das condições lógicas necessárias, fato que é resguardado na resposta de (ER) que raciocinava em termos de uma combinatória e probabilística, porém mantendo presentes os antecedentes lógicos.

A apresentação de problemas, como os da questão da prova número quatro, possibilita aos alunos ativarem processos de raciocínio que ponham a funcionar a estrutura da probabilidade. É muito importante a sua utilização para analisar conseqüências das influências de fatores em determinados fenômenos.

## 5.7. Correlação

Correlacionar fatos ligados a um fenômeno, bem como a influência de cada um dos fatores, é um trabalho lógico que ultrapassa as probabilidades simples, pois estabelecer uma correlação ou negá-la exige compreender as diferenças dos fatos ligados ao todo em determinado fenômeno. Na Biologia, segundo PIAGET (1983), constitui-se numa das tarefas mais difíceis dadas as características dos seres vivos em oposição a um objeto físico qualquer.

Para analisarmos a estrutura da correlação, precisaremos utilizar o aspecto hipotético-dedutivo do POF para atuarmos sobre a passagem de aula número um e trabalharmos na hipótese do seu desenvolvimento normal, sem o sentido extraordinário do relato, e considerarmos o trabalho mental necessário aos demais alunos que "a priori" desconheciam a ligação entre os locais onde se encontravam e o hábito alimentar das cochonilhas.

Esses alunos deveriam coletar dados para montar a tabela onde conteria os locais preferenciais da folha composta da leguminosa onde as cochonilhas se encontravam, por isso era necessário coletarem os dados considerando os locais possíveis (ráquis, folíolos, pecíolos, pecíolos do folíolo e as nervuras).

Para chegar à correlação é necessário integrar os dados no sentido das proporcionalidades, atividade mental que seria possível com a montagem da tabela, de onde se tiraria o dado de que, na maioria das folhas analisadas, as cochonilhas se encontrariam nas nervuras. Após e/ou simultaneamente o trabalho mental consistiria em estabelecer a probabilidade: ao encontrarmos uma cochonilha é muito mais provável que ela esteja na nervura e não em outro local da folha.

Apoiados nestas duas estruturas, os alunos estabeleceriam a correlação: as cochonilhas encontram-se na nervura da folha (local da circulação da seiva) porque são insetos fitófagos. No relato da passagem os alunos um e dois fizeram pronta e espontaneamente estas operações mentais, mas os demais completariam passo-a-passo este percurso operativo com a tabulação e análise dos dados coletados. A organização da estratégia de ensino mostrou-se adequada aos alunos que desconheciam o fato ou não possuíam funcionando de forma atuante a correlação dos fatos.

Correlacionar fatos com fenômenos é uma habilidade mental necessária ao biólogo para

compreender fenômenos multifatoriais. Trabalhar hipóteses, mesmo numa exposição, com o auxílio de dados tanto quantitativos como qualitativos para construir uma noção ou conclusão, põe em funcionamento a estrutura da correlação, possibilitando extrair maior proveito do seu funcionamento. Relacionar fatos com um fenômeno deve resultar de um trabalho mental, não simplesmente do fornecimento dos dados já prontos.

## 5.8. Sistemas Duplos de Referências

Os sistemas de referências múltiplas consistem em compensar e integrar num todo fatores opostos, realizando operações diretas e inversas, entendendo noções científicas na sua globalidade.

Ao analisarem as situações de umidade do microclima das cochonilhas e dos tatuzinhos de jardim, da questão número um da prova, os alunos precisavam fazer uma dupla descentração: 1) considerar um mesmo fator ambiental (a umidade relativa) em duas situações diferentes, e 2) considerar as diferentes variações para os dois organismos. Este trabalho mental deveria ser traduzido num gráfico que representasse simultânea e diferentemente estas duas situações. Montar o gráfico significa ampliar ainda mais o grau de abstração.

A dificuldade maior encontrada pelos alunos foi coordenar, por um lado, os dados da cochonilha que sobrevive a uma variação de umidade mais ampla em um grau menor de umidade relativa quando comparada ao tatuzinho de jardim que, por outro lado, sobrevive com variações de umidade mais restritas, porém num grau de umidade relativa mais elevada. Aqui é que encontramos o sentido de duplas referências.

Nessa análise era necessário lançar mão do grupo INCR, onde I = pequena variação de umidade no microambiente do tatuzinho de jardim; R = ampla variação de umidade do microambiente da cochonilha; N = umidade elevada no microambiente do tatuzinho; e C = menor grau de umidade no microambiente da cochonilha.

Para chegar a um resultado satisfatório não bastava apenas compreender as partes e somá-las, juntá-las, era necessário dar a elas o sentido da globalidade, de conjunto, porém sem descuidar de nenhuma das referências (BASS & MADDUX, 1982). Por isso encontramos alunos que conseguiam acertar o traçado das curvas, porém sem coordená-las no gráfico, ou alunos que

simplesmente invertiam a situação variação dos limites de tolerância com a grandeza absoluta da umidade relativa, ou alunos que não conseguem organizar um gráfico coerente porque esbarravam em estruturas necessárias em etapas anteriores à montagem do gráfico, como a disjunção de fatores, por exemplo.

## 5.9. Ligações com o Psicopedagógico

Alguns alunos apresentaram um padrão operatório que po demos chamá-lo, provisoriamente, de "regressão operatória", isto é, estruturas mentais superiores submetidas e/ou acomodadas a um nível de exigência inferior, que pode se tornar, em muitos casos um procedimento operatório, porém concreto, podendo dar conta de um grande número de fenômenos, sem entretanto compreendê-los na sua globalidade. Isto observamos especificamente quando se tratava da resolução da questão número um do teste em que se fazia necessária a estrutura mental da proporcionalidade. Os alunos respondiam ao problema por regra de três sem, necessariamente, realizarem a operação de proporcionalidade.

Essa situação sugere algumas questões: o desuso sistemático ou o abuso de uma estrutura mental formal, provoca no indivíduo uma acomodação aos padrões de raciocínios operatório concretos? O indivíduo nesta situação poderia voltar espontaneamente ao POF? No 3º. Grau seria possível descrever e estudar tal situação? Que mecanismos psicopedagógicos favorecem aos procedimentos "subformais"? Quais os fatores que influenciam e contribuem para a formação deste quadro?

Os dados do teste escrito surpreendem, principalmente pela forma como as estruturas encontram-se subjugadas por "macetes" e "artifícios" aprendidos na escola e sem os quais o aluno é praticamente incapaz de resolver problemas simples, mesmo quando as estruturas encontram-se presentes. Isto é indicativo de que o uso e a solicitação operativa das estruturas mentais não se constituem na via mais usada no ensino, o algoritmo normalmente antecede a construção do seu sentido operatório. CARRAHER et al. (1991) têm razão de afirmar: "o fracasso é da Escola; não do estudante". Este não usa as suas estruturas de pensamento não porque estejam ausentes, mas porque foi-lhe imputado um padrão de raciocínio, um adestramento mental que exclui sistematicamente a utilização das estruturas de pensamento.

Essa constatação remete-nos aos graus inferiores de ensino e suscita-nos algumas perguntas: Além de todas a deficiências inerentes e incrustadas no ensino até o final do 2º. Grau,

estaria este favorecendo no "emburrecimento" dos estudantes? Ou são os mecanismos de raciocínio, implícitos na formulação dos problemas, que subestimam a inteligência dos alunos? Ou o problema estaria na significação das questões apresentadas? Ou estaríamos errando na interpretação desta situação?

E mais uma pergunta fundamental: Se a grande maioria dos alunos apresentaram um padrão transitivo entre o POC e o POF, tal fato se deve a serem predominantemente POC e serem exigidos a nível formal? ou de serem POF e serem mais exigidos à nível do POC? ou seriam os professores incapazes de pensar utilizando-se de processos formais?

Os dados coletados indicam que podemos formular a primeira e segunda questão, pois os alunos apresentavam inicialmente na entrevista um padrão de raciocínio concreto mas quando auxiliados, estimulados chegavam a compreensão do problema à nível formal. Essa situação nos permite uma conclusão preliminar de que esses alunos usam um padrão de raciocínio (POC) muito mais por terem sido "acomodados" a este padrão de raciocínio do que por não apresentarem estruturas formais.

Ante o compromisso com o desenvolvimento mental dos alunos, perguntamos: é suportável uma "erosão cerebral" de tal natureza? Por exemplo, a erosão de um terreno, em muitos casos, mesmo que artificialmente, pode ser corrigida e o solo pode recuperar a fertilidade. Em se tratando de estruturas mentais não construídas na época propícia ou caídas em desuso podem ser recuperadas? Apoiados no que diz PIAGET (1976) sobre o caráter adaptativo das estruturas mentais, as mesmas podem retornar ao uso, uma vez que tenham sido construídas e desde que os desequilíbrios (situações de aprendizagem) apresentados ponham em xeque o uso da estrutura e favoreçam sua reconstrução?

Contrariamente ao construtivismo, no associacionismo o que se exige não é a estrutura, mas sim a situação em que se deu a "aprendizagem" anterior. Muitas pesquisas educacionais enfatizam a importância da contextualização para uma melhor aprendizagem, mas tememos que essa contextualização esteja somente envolvendo o aspecto situacional, externo ao indivíduo, e conte muito pouco com os aspectos internos da auto-regulação, dificultando a construção dos conhecimentos. A confirmação desta desconfiança tornaria a aprendizagem "comprometida" política, social e economicamente num indivíduo de poucos recursos lógicos. Que valor teria isso?

SCHNEIDER & RENNER (1980) realizaram uma pesquisa nos Estados Unidos que

comprova que os procedimentos de ensino contextualizados não apenas permitem uma aprendizagem mais eficaz e persistente, como também contribuem para o desenvolvimento mental, mostrando assim que técnicas de ensino ligadas ao "concreto" são superiores às puramente "abstratas". Ao que também o confronto com os dados da pesquisa, a situação psicopedagógica apreendida no Estudo de Caso, nos autoriza afirmar que o conjunto das situações vividas no processo ensino-aprendizagem permitia aos alunos construírem conhecimentos e desenvolverem-se mentalmente.

Duas situações de pesquisa relatadas nas dissertações de FISCHER (1990) e BOTTAN (1990), no Estado de Santa Catarina, dizem respeito à importância dos fatores do contexto onde se encontra imerso o indivíduo em seu dia-a-dia, confirmando que procedimentos de ensino que consideram o referencial do aluno mostram-se mais efetivos e capazes de alterar significativamente aspectos tanto cognitivos como afetivos deste aluno. Se este contexto deixa de ser "dado" e passa a ser problematizado no quadro das estruturas mentais do indivíduo cognoscente, não se torna apenas ocasião de uma aprendizagem autêntica a respeito de um conteúdo, mas se torna também ocasião para o desenvolvimento mental (FRAGA, 1990).

As pesquisas mostram a necessidade de os métodos e procedimentos de ensino se vincularem ao concreto próximo para problematização e formalização. Esses procedimentos de ensino incluem a grande porção de alunos não-formais plenos, dando-lhes a oportunidade de construírem noções que envolvam alto grau de abstração. Deve-se considerar que não basta dar a esses alunos a oportunidade de manusearem objetos e/ou situações concretas, como por exemplo, levá-los ao laboratório para preencherem um protocolo de experimento. É preciso que o experimento esteja dentro da situação normal de ensino, integrado com o corpo teórico da disciplina, não apenas para justificar ou buscar um "gancho" teórico, mas para que o aluno tenha a possibilidade de construir noções teóricas. A ação do aluno deve começar com as "mãos", mas deve chegar à "cabeça".

Podemos estender a reflexão a partir dos dados discutidos, fazendo uma pergunta até rudimentar: como professores, entramos em sala de aula para que o aluno aprenda ou para ensiná-lo? Pode-se objetar: mas assim teremos que reinventar a roda! Não se trata de reinventar a roda, trata-se de considerar que o aluno com o seu mundo e suas estruturas mentais tome parte ativa na construção das noções. Entendemos aqui ativa no sentido de que toda a sua personalidade esteja envolvida e polarizada para explorar e conhecer o mais profundamente possível determinado "objeto". Se isto não ocorrer, significa que o aluno não tem as estruturas suficientes para assimilar a situação dada como um problema (desequilíbrio) ou que o problema



carece de significado para o aluno.

Ao levantarmos a hipótese da possível contribuição escolar como um elemento propulsor de estruturas do POF, podemos imaginar duas situações: 1) uma em que o sistema de ensino está organizado e funcionando levando-se em consideração o aluno, indivíduo no seu estágio de desenvolvimento, e propiciando-lhe experiências educacionais que acelerem a aquisição de novas estruturas mentais; 2) a outra seria a do aluno que encontra diante de si uma escola desestruturada, com mestres despreparados para praticarem métodos ativos de ensino (PIAGET, 1980), e muito pouco preocupada com o que acontece com o desenvolvimento mental dos alunos. A segunda situação é mais real e, é aquela que conduzirá apenas um número de "selecionados" até o final do 2º Grau. Esta seleção acontece mais pelo contexto sócio-econômico do que por mérito do aluno ou da própria escola. Desses, alguns alunos chegam ao 3º Grau trazendo consigo lacunas, às vezes profundas, relativas ao seu desenvolvimento mental.

A primeira situação, a de contribuir significativamente para o desenvolvimento dos alunos, constitui exceção à regra do vivido no ambiente escolar. Mas, se desejarmos, como é defendido amplamente até pela LDB e pelas mais diferentes correntes educacionais, desenvolver plenamente a inteligência dos alunos, formar cidadãos conscientes, críticos, e responsáveis, socialmente comprometidos, tornam-se insuficientes o adestramento, a memorização, o ensino livresco e as aulas exclusivamente expositivas. Considerar o contexto bio-psico-social do aluno em sala de aula constitui exceção da prática escolar. Esta exceção deveria ser a regra e constituir-se na contribuição desejável, necessária e indispensável para que o aluno chegasse ao ápice de sua ontogênese mental. O que dizer então da situação de "Ensino" em que o professor entra na sala de aula e diante do giz e do quadro começa a "salivar conteúdos" como os cães de Pavlov quando ouviam a sineta?

Qual é a contribuição necessária, possível e desejada da Escola em geral, e do Nível Superior em particular, para que alunos POC ou transitivos, possam operar mentalmente a nível formal?

Como meta das atividades acadêmicas, o padrão mental desejável é o formal, pois o POF ultrapassa os limites espaço-temporais próximos, liberando o indivíduo do egocentrismo perceptivo e motor. Investigar, atuar em problemas, passa a ser o requisito básico, o moto-gerador de hipóteses para especulações e construções teóricas. Assim, as necessidades deixam de ser coisas dadas, acabadas, e os conhecimentos deixam de ser produtos regurgitados e passam a ser construções teóricas. Ao contrário do que se possa imaginar, o maior desenvol-

vimento do nível lógico de conhecimentos possibilita uma imersão mais profunda no cotidiano com consciência das relações antagônicas para daí emergir com maior lucidez, sobre as realidades físicas e sociais. Uma posição crítica não é dada apenas pelo conteúdo nela envolvido, mas, principalmente, pelo processo de análise e raciocínios presentes e capazes de desvelar este conteúdo. Ressaltamos entretanto que o desenvolvimento do raciocínio lógico formal, tomado isoladamente, não é garantia de transformação social, mas que, estando presente, imuniza os movimentos sociais contra os messianismos e fanatismos.

Que valor possuem as definições e as sínteses do professor, por mais brilhantes que possam ser, se a participação do aluno é de um mero espectador? Não seria mais interessante se os alunos chegassem a conclusões "mais pobres", mas que nela estivessem envolvidas todas as suas emoções, vontade e raciocínios? Conforme KARPLUS (1977), um conceito pode ser tanto concreto ou formal, dependendo do significado usado. Para identificar o raciocínio requerido aos estudantes numa disciplina, o professor deve ter clareza sobre os raciocínios necessários para o aluno construir determinado conceito. Deve tomar cuidado especial sempre que for explicado um conceito e não esperar que apenas a introdução de um conceito como "concreto" logrará uma aplicação automática em significado "formal".

Não é possível alcançar as operações proposicionais sem apoio nas operações concretas prévias (PIAGET, 1973, p. 29). Daí se deduz a impossibilidade de se suprimir sumariamente o estágio operatório-concreto tanto para o desenvolvimento de uma noção de ensino que exige maior formalização como das próprias estruturas formais. Neste sentido, assumem uma importância ímpar as práticas de laboratório, as aulas de campo e a busca de proximidade contextual para que os alunos de estados transitivos ou do POC possam fazer passagem para o POF.

Para facilitar a construção de conhecimentos, exige-se do professor alguns pressupostos básicos: 1) conhecimento das estruturas mentais de seus alunos já construídas e em construção; 2) conhecimento do ambiente bio-psíquico-sócio-cultural em que seus alunos encontram-se imersos, para daí retirar problemas verdadeiros, capazes de desencadear desequilibrações; 3) clareza dos raciocínios requeridos na construção de determinada noção; 4) necessidade de provocar desequilibrações adequadas e em momentos críticos, proporcionando a assimilação/acomodação de seus alunos.

## 5.10. As Hipóteses Levantadas

As análises/reflexões efetuadas no decorrer da investigação foram guiadas por três hipóteses (1.5) que retomamos agora para amarrá-las com os dados coletados e o referencial teórico.

A nota de um trabalho relatado no *American Journal of Botany* (DETTLOF, 1987), levantava a questão do "gap" existente entre o Ensino de Botânica e as estruturas mentais dos alunos, como o gerador de muitos desacertos e fracassos no ensino de Botânica desenvolvido nas fases iniciais. Essa nota deu início ao desenvolvimento da pesquisa, pois foi a primeira resposta encontrada aos problemas que refletíamos no ensino de Fundamentos de Botânica na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, em Jequié. Ela se transformou na primeira hipótese e funcionou como hipótese geratriz, pois facilitou a estruturação do projeto de pesquisa e possibilitou o nosso caminhar teórico.

Os dados coletados ao longo da pesquisa não tiveram a finalidade de estabelecer uma quantificação extensiva, mas sim uma compreensão intensiva das dificuldades encontradas na aprendizagem de alunos não formais plenos, ou seja, dos alunos POC ou transitivos, ante um ensino predominantemente formal. Ante esta limitação metodológica intrínseca e as possibilidades dos dados coletados, no máximo podemos inferir que muitos alunos que iniciam o 3º Grau, não completaram a ontogênese mental. Supondo-se a realização de uma investigação extensiva, é possível induzir que os números esperados, com pequenas variações, coincidiriam com os encontrados na literatura. Esses dados já comentados na apresentação do problema, afirmam que o número desses alunos é de aproximadamente 50%.

A segunda hipótese podemos confirmar pelas observações realizadas ao longo do desenvolvimento das atividades de ensino tanto no seu sentido afirmativo como no negativo. O sentido afirmativo manifestava-se nos momentos em que as atividades de ensino consideravam e/ou apresentavam as noções dentro de um quadro lógico que considerava as situações concretas. Então o clima de entendimento dos conteúdos no transcorrer das aulas era assegurado, produtivo e havia um retorno positivo em termos de participação, perguntas e/ou situações trazidas pelos alunos no desenvolvimento da aula. O sentido negativo evidenciava-se quando a regência da classe encontrava dificuldades para "descer" a teoria "formal" até os alunos com o auxílio de situações mais próximas, concretas, e propor situações que os desequilibrassem os alunos. Quando a regência buscava o retorno, a confirmação da noção apresentada, não encontrava respostas positivas dos alunos.

Aqui convém que recordemos os fatores promotores do desenvolvimento das Estruturas Formais comentados na secção 2.4, do capítulo II, de onde podemos dizer que a organização das situações da aprendizagem atuam como um fator facilitador, mas que, em absoluto, não é a garantia de que os alunos chegarão a entender as noções utilizando-se de estruturas formais, mas sim a garantia de que poderão entender melhor. Em Piaget encontramos constantemente, na diversidade das suas obras citadas ao longo desta Dissertação, a necessidade de os quatro fatores estarem atuando conjuntamente na estruturação mental ou na construção dos conhecimentos. Quanto à hipótese anunciada, podemos confirmá-la, mas alertamos para a sua insuficiência, como o fizemos em mais de uma passagem neste trabalho.

A terceira hipótese possui uma ligação mais estreita com os procedimentos metodológicos de ensino que se fundamentam no construtivismo. Dos relatos e dos dados analisados anteriormente, percebemos que o conjunto dos meios utilizados ao longo do Estudo de Caso, nas situações de aula, como as provas e as passagens de aula indicam que os alunos eram constantemente exigidos para que produzissem e elaborassem respostas, operando e trabalhando os dados que eram apresentados. Em todas as atividades, a margem deixada para a simples reprodução dos conhecimentos foi muito restrita. O acompanhamento dado nas atividades do planejamento do ensino influenciou, em parte, na organização de materiais (sempre abundantes) e principalmente em apontar a necessidade de haverem desequilibrações e de pensar situações que pusessem o aluno na sintonia do desenvolvimento das aulas. No dizer de SUKHONLINSKY (1975, p. 129), "os artifícios utilizados para aliviar o trabalho mental dos alunos (...) dispensam freqüentemente os alunos da necessidade de pensarem."

Ao longo dos três semestres letivos acompanhados percebemos que os índices de aproveitamento e aprovação cresceram, como cresceu também o nível de motivação e engajamento dos alunos. Donde se depreende que os resultados alcançados no ensino-aprendizagem não estão nos métodos em si mesmos, ou nos materiais utilizados, mas da posição básica adotada pelo docente de "tirar o máximo" possível de dentro do quadro mental disponível e diferenciado presente em cada aluno.

## 5.11. Respondendo as Questões do Problema.

A adequação do ensino às estruturas mentais do aluno corresponde ao esforço docente em ajustar as noções a serem ensinadas com a capacidade de assimilação do aluno. Esta harmonia é necessária e indispensável, porém não exclusiva e/ou suficiente. Precisamos considerar a necessidade de se equilibrar também os fatores do meio físico/social no contexto das desequilibrações e reequilibrações. Se esta adequação fosse o único fator a ser considerado, a solução do problema do ensino seria simplesmente a de adequar a apresentação dos conhecimentos ao desenvolvimento mental ou de esperar a idade certa para que o aluno aprendesse a noção (PIAGET, 1975).

Da análise dos dados sobre as estruturas individualizadas identificamos, por um lado, as que mais se evidenciaram, em seu sentido amplo, a proporcionalidade, a probabilidade e a combinatória que, de alguma forma, se encontram apoiadas em algoritmos matemáticos; e por outro lado, as menos evidentes foram a correlação, a disjunção dos fatores com a inclusão e a exclusão, e os sistemas de duplas referências, estruturas estas dependentes de outras, por estarem mais próximas e associadas do grupo INCR e do conjunto reticulado.

Se considerarmos que estas últimas se constituem em estruturas mais específicas, freqüentemente requeridas para a compreensão dos fenômenos biológicos e mais necessárias ainda para os conhecimentos ecológicos (dada a natureza multi-inter-disciplinar de seus conteúdos), quando transcrevemos os dados coletados, podemos confirmar a existência da defasagem operatória descrita e denunciada na apresentação do problema. No balanço entre as estruturas que mais se evidenciam nas atividades dos alunos e as mais requeridas no ensino, podemos concluir que existe um hiato que deve ser superado com a adoção de um modelo de ensino que considere este dado e busque a sua superação.

A estratégia adotada pelo Curso de Biologia da UFSC de incluir na grade curricular uma disciplina ecológica, como introdutória do Curso e para as práticas de campo, mostra-se adequada para os alunos "pensarem" como biólogos, isto é, e para serem levados a desenvolver estruturas mentais e habilidades que são notadamente requeridas nas Ciências Biológicas. Se continuarem as condições psicopedagógicas e os princípios filosóficos implícitos de seu desenvolvimento, observados durante o Estudo de Caso, continuará válida a estratégia adotada pelo Curso. Por isso a Coordenadoria e Colegiado de Curso deveriam permanecer atentos na escolha de docentes que preenchessem tais requisitos.

Quanto aos procedimentos psicopedagógicos e pelo que se manifestou no Estudo de Caso, a nível de sala de aula, é possível afirmar que uma posição básica pró-questionamento e de favorecimento em todas as atividades que o aluno venha a realizar, dando o máximo de si dentro de um quadro lógico, sem dúvida se constitui em fator favorável, mesmo que o professor não conheça plenamente, "a priori", a ontogênese mental e os fatores de sua construção. Apoiados no estudado e na literatura citada, apontamos, provisoriamente, cinco procedimentos que podem favorecer a aquisição de estruturas mentais de POF:

1) enfatizar em todas as atividades de ensino-aprendizagem os aspectos operativos mais que os figurativos;

2) favorecer a construção dos conteúdos, facilitando a ligação com o concreto e com o contexto proximal do aluno;

3) engajar ativamente o aluno no uso de suas operações lógicas mediante as desequilibrações;

4) unir o sujeito epistêmico ao psicológico, organizando tarefas dentro do nível de desenvolvimento mental e que leve em consideração a filogênese das noções;

5) transformar os "erros" do aluno numa oportunidade de aprendizagem, fazendo-o refletir e confrontar suas afirmações com os conhecimentos já estabelecidos pela Ciência.

Maior número de procedimentos e com maior riqueza de detalhes serão apresentados na secção 6.2, das Implicações Pedagógicas.

A terceira pergunta levantada no enunciado do problema já tem implícita parte da resposta. Se considerarmos o conjunto das pesquisas citadas ao longo da Dissertação, podemos dizer, que a nível específico, nas atividades do dia-a-dia, os concluentes do Curso Superior atingem o nível formal dentro de seu campo específico de conhecimento. Mas apesar dessa evolução dada pela "convivência", pela imersão, o desenvolvimento do POF constitui uma meta a ser perseguida como elaboração de estratégias de ensino cada vez mais operativas e menos de transmissão pura e simples de conteúdos. Considerar e integrar, no dia-a-dia do 3º. Grau, a maneira como o seu aluno pensa e as estruturas operatórias utilizadas quando pensa, permanecem uma meta psicopedagógica.

Como o problema levantado foi recebendo respostas "homeopáticas", dosadas ao longo da apresentação da pesquisa, é necessário considerar o alcance delas para a compreensão do problema. As respostas parciais tomadas no seu conjunto e no contexto da pesquisa constituem uma contribuição a um dos fatores em jogo no ensino-aprendizagem. A compreensão do funcionamento das estruturas formais com certeza facilitará ao docente encaminhar soluções para as situações conflitantes vividas no dia-a-dia da sala de aula.

## CAP. VI. CONCLUSÕES

Uma investigação sobre as estruturas operatórias formais, no contexto da sala de aula, guarda no seu bojo implícitas condições genéticas, tanto epistêmicas como psicológicas, que devem se harmonizar mutuamente, respeitando as fronteiras e os entrelaçamentos necessários. Esta harmonia necessária só será possível se a investigação realizar-se dentro de uma situação clínica que possibilite a integração tanto extensiva como intensiva dos elementos teóricos subsidiários. Destes entrecruzamentos, buscados ao longo da pesquisa, são possíveis algumas conclusões, que tornamos públicas para que sejam discutidas e aprofundadas no contexto pedagógico.

1) O problema investigado é significativo e merece maior atenção, destaque e estudo entre os educadores brasileiros, independentemente da área de conhecimento (Ciências, Biologia, Física, Literatura, etc.) ou da faixa etária de atuação. Pois, como será possível compreender as partes integrantes da ontogênese mental, desconsiderando o seu ápice? Em se tratando do Ensino Superior, notadamente nas fases iniciais, o POF é um elemento que merece consideração e destaque tanto para a construção de conhecimentos como de estruturas mentais. Também necessitamos enfatizar o seu estudo para avaliar melhor a contribuição do processo escolar frente à ontogênese mental e ao funcionamento mental dos indivíduos por ela formados.

2) Para o objeto pesquisado, no Estudo de Caso, mais importante do que classificar extensivamente os alunos como formais ou concretos, é compreender intensivamente como funcionam as estruturas formais, para organizar atividades de ensino-aprendizagem que enfatizem e promovam a operacionalidade das estruturas mentais.

3) A teoria piagetiana, com relação ao POF, constitui um referencial válido e necessário capaz de explicar e corroborar a solução de muitos problemas psicopedagógicos do 3º. Grau. É necessário e possível ligar os conhecimentos teóricos acumulados sobre o POF com a prática, nem sempre psicopedagógica do processo de ensino-aprendizagem do 3º. Grau.

4) A compreensão global de uma noção se desenvolve subsumindo e superando as operações concretas. O laboratório, as aulas de campo, a contextualização dos conhecimentos e as ligações de natureza concreta com os elementos do contexto proximal do aluno, problema-

tizados e mediados por desequilibrações, favorecem o engajamento, no uso de suas operações lógicas, na construção ativa dos conteúdos, facilitando a passagem operativa de procedimentos concretos para os formais.

5) Procedimentos de ensino com enfoque construtivista, mesmo no nível formal, necessitam, de alguma forma, estarem associados a elementos concretos ou do contexto próximo para favorecer e garantir as desequilibrações que possibilitem a assimilação/acomodação para a construção de conhecimentos e a solidificação das estruturas mentais. "Os desequilíbrios constituem (...) o móvel da pesquisa e sem eles os conhecimentos permaneceriam estáticos" (PIAGET, 1976).

6) O ensino escolar normalmente antecede e sobrepõe algoritmos e conhecimentos figurativos ao seu entendimento e à construção operativa destas noções bem como ao desenvolvimento de estruturas mentais. Isto nos indica que se desejarmos um produto de melhor qualidade como resultado das atividades escolares precisamos promover uma inversão do processo ensino-aprendizagem.

7) A prática pedagógica normalmente considera o erro dos alunos como um elemento pernicioso, ruim, que deve ser execrado, não como um revelador do funcionamento das estruturas mentais, da qualidade do ensino desenvolvido, e como fonte geradora de desequilibrações para a construção de conhecimentos.

8) Na Biologia, apesar de haver quantidade concedível de conhecimentos de origem empírica, estes se tornaram científicos porque se apoiam e se desenvolvem num quadro lógico-matemático (formalizado). Mas não ser matematizada (em sentido numérico) não significa ser menos lógica e/ou menos rigorosa do que as Ciências Exatas.

9) O construtivismo não é viável somente para o nível pré-escolar e para as crianças em geral, pode ser empregado e tem suporte teórico capaz de dar conta também no Ensino Superior.

10) Para terminar: continuar a submeter alunos com deficiências operatórias aos processos tradicionais de ensino que desconsideram sistematicamente as suas estruturas mentais presentes, equivale a permitir e perpetrar as distorções presentes e denunciadas nesta pesquisa. Sem dúvida, é possível promover e ampliar o desenvolvimento mental a partir do que esses alunos conseguiram recolher na caminhada escolar. É esta a base material de onde devemos partir para que eles passem a operar mais e formalmente.



## 6.1. Continuação da Pesquisa.

Com INHELDER et al., afirmamos: "aprender é uma síntese indefinidamente renovada entre a continuidade e a novidade". (1977, p. 258). As conclusões a que chegamos estão relacionadas mais diretamente ao objeto da pesquisa, mas enquanto este processo se desenvolveu cultivávamos outros objetos, em paralelo, ligados a ele, que poderão se constituir em novos objetos de pesquisa. Sem dúvida, esta Dissertação apresenta uma série de possibilidades para sua extensão e continuidade de aprofundamento. Listaremos algumas que sobressaem em primeiro plano.

1) A primeira investigação que vislumbramos a partir da pesquisa é realizar um estudo particularizado e com mais profundidade sobre a estrutura formal da correlação no contexto do ensino-aprendizagem da Biologia.

2) Outra possibilidade aberta, viável nível metodológico, é a da utilização das passagens de aula, em situação estimulada, dentro de um posicionamento docente pró-contra- provas.

3) Investigação teórico-prática sobre métodos ativos, já iniciada a nível teórico, com um artigo que se encontra no prelo da Revista Perspectiva da UFSC, sobre atividades e métodos ativos de ensino. Pretendemos estudar em particular o "Learning Cicle" (Cf. LAWSON et al., 1989; KARPLUS, 1977) e outras alternativas como a dos "Momentos Pedagógicos" (DELIZOICOV & ANGOTTI, 1990) e confrontá-los com nossa experiência anterior no ensino de Botânica relatada parcialmente na Apresentação do Problema.

4) Investigações sobre o caráter interdisciplinar da Ecologia e da Educação Ambiental ligadas às estruturas mentais.

5) Realização de estudos sobre "gênese" e a construção de noções como evolução, fotosíntese, célula, micróbio, etc.

6) Estudar e organizar uma proposta que possibilite avaliar melhor os relatórios de aulas de campo e/ou práticas (de laboratório) sob o prisma da teoria piagetiana.

## 6.2. IMPLICAÇÕES PEDAGÓGICAS

A habilidade de pensar dentro dos processos científicos está fortemente associada à capacidade de raciocinar logicamente (PADILLA & OKEY, 1983). A ativação das estruturas operatórias formais amplia as possibilidades de compreensão coerente e abrangente das noções científicas. Da pesquisa desenvolvida podemos estabelecer algumas possíveis implicações pedagógicas.

1) Como o POF se caracteriza por ações de segunda potência, podemos fazer nossos alunos refletirem sobre os próprios pensamentos expressos nas perguntas, nas provas, nos relatórios, etc. Apresentar sugestões, contraprovas às suas afirmações (RATHS et al., 1977) se constitui numa alternativa útil para pensarem mais e melhor.

2) O aspecto hipotético-dedutivo do POF atua no quadro das possibilidades para daí extrair conseqüências, por isso, apresentar situações imprevisíveis, inusitadas, não pensadas comumente pelos alunos para que formulem hipóteses, explicações, confrontando-as com os conhecimentos científicos já estabelecidos, pode ser uma estratégia de ensino bem sucedida.

3) As estruturas operatórias construídas funcionam como um quadro lógico de fundo que possibilita a construção de novas noções. Explorar o sentido lógico e operativo de uma noção antes de seu sentido figurativo facilita a sua construção e permanência e impede a memorização mecânica dos conhecimentos.

4) As operações formais se desenvolvem subsumindo e superando as operações concretas, por isso o laboratório, as aulas de campo, e a contextualização dos conhecimentos, buscando a proximidade com o vivido pelo aluno, podem facilitar a passagem operativa dos procedimentos concretos para os formais.

5) Do ponto de vista do construtivismo, os erros são etapas superáveis e, às vezes, necessárias. Explorar positivamente os erros dos alunos, em clima de liberdade, sem constrangimento, encarando-os como hipóteses e/ou indicativos do seu funcionamento mental e/ou da qualidade do ensino desenvolvido, é torna-los fatores de progresso para a construção de conhecimentos.

6) A construção de noções operacionais normalmente consome mais tempo, mas uma vez construídas servem de base e aceleram a construção de novas noções, por isso, o professor deve se permitir "perder" utilmente o seu tempo com os alunos.

7) Do ponto de vista do construtivismo, a atuação do professor é mediadora, indireta. Melhor e mais proveitoso para o aluno do que uma resposta direta e pronta é fazer-lhe outra pergunta ou encaminhar o aluno a procurar a resposta desejada.

8) O desenvolvimento das estruturas mentais não deve se constituir em mérito de uma ou outra disciplina. Buscar conjunta e constantemente com outras áreas de conhecimento uma interdisciplinariedade baseada no funcionamento das estruturas mentais, facilitará as desequilibrações e os mecanismos auto-reguladores tanto para a construção de conhecimentos como do aprimoramento funcional das estruturas (PIAGET, 1984).

9) Para atingir a unidade necessária do sujeito epistêmico e do psicológico, pressupõe-se: a) clareza dos raciocínios requeridos na construção de determinada noção bem como o conhecimento da sua filogênese; b) conhecimento das estruturas mentais de seus alunos já construídas e em construção para organizar tarefas dentro do nível de desenvolvimento mental; c) tanto a) como b) devem estar acompanhados de desequilibrações adequadas, em momentos críticos, para que a assimilação/acomodação ocorra.

## BIBLIOGRAFIA

- ANDREATTA, M. C. F. Exame de Alguns Esquemas Mentais que Caracterizam a Transição do Pensamento Operatório Concreto ao Operatório Formal, Segundo Piaget, e seu Significado Pedagógico. São Paulo: USP, 1970. Dissertação
- ARAÚJO, T. L. *Do Corpo ao Vasto Mundo*. AMAE Educando, n. 206, p. 12-16. Set. 1989
- ASTOLFI, J-P. & DEVALAY, M. A Didática das Ciências. Campinas, SP: Papirus, 1990.
- BASS, J. E. & MADDUX, C. D. *Scientific Explanations and Piagetian Operational Levels*. Journal of Research in Science Teaching, v. 19, n. 7, p. 533-541. 1982.
- BATTARO, A. M. Dicionário Terminológico de Jean Piaget. São Paulo, SP : Pioneira, 1978.
- BECKER, F. *Ensino e Construção do Conhecimento: O Processo de Abstração Reflexionante*. Educação e Realidade. v. 1: jan-jun, n. 18, p. 43-52, 1993.
- BIREAUD, A. *Pédagogie et Méthodes Pédagogiques dans L'Enseignement Supérieur*. Revue Française de Pédagogie. v. avril-juin, n. 91, p. 13-23, 1990.
- BOTTAN, E. R. A Prática de Ensino do Curso de Ciências numa Abordagem Problematicizadora: - Uma Proposta Utópica. Florianópolis, SC: UFSC. 1990. Dissertação.
- BRUMBY, M. N. *Misconceptions About the Concept of Natural Selection by Medical Biology Students*. Science Education. v. 68, n. 4: p. 493-503. 1984.
- BURBULES, N. & LINN, M. C. *Science Education and Philosophy of Science: Congruence or Contradition?* Int. Jour. Science Education. v. 13, n. 3: p. 227-291, 1991.
- CAMARGO, D. F. de. *Desempenho Operatório e Desempenho Escolar*. Cad. Pesq. v. 47: p. 47-56, agosto 1990.
- CANGUILHEM, G. Ideologia e Racionalidade nas Ciências da Vida. Lisboa: Edições 70. 1977.
- CARRAER, T. N. O Método Clínico: Usando os Exames de Piaget. Petrópolis, RJ, Vozes, 1983.
- CARRAHER, T. N., CARRAHER, D., SCHLIEMANN, A. *Na Vida, Dez; Na Escola, Zero*. Cad. Pesq. v. 42: p. 79-86, 1982.

---

Na Vida, Dez; Na Escola, Zero. 6. ed.

São Paulo: Cortez, 1991

- CARRETERO, M. *El Pensamiento Formal: Resultados Nuevos sobre un Antiguo Tema*. Rev. de Psic. Gral. y Apl. v. 37, n. 2: p. 247- 260, 1982.
- CIMAZ, J. e DUNY, A. Aproveitamento Escolar: Que Pedagogia? 1. ed. Lisboa: Editorail Caminho. 1978.
- CREMA, M. C. S. Metodologia da Pesquisa Científica. Florianópolis : UFSC. 1990. Mimeog.
- DARÓS, W. R. *Aprender y Personalizarse segun J. Piaget*. Rev Española de Pedagogía, n. 185, en-abr. 1990.
- DELIZOICOV, D. & ANGOTTO, J. A. Metodologia do Ensino de Ciências. São Paulo: Cortez, 1990.
- DETTLOF, J. M. *Utilizing Piagetian Teory in Teaching Undergraduate Biology/Botany Courses: part 1 and 2*. Amer. Journal of Botany, v. 74, p. 770-771, May 1987.
- EHINDERO, O. J. *Formal Operational Precocity and Achievement in Biology among Some Negerian High School Students*. Science Education, v. 63, n. 20, p. 231-236, 1979.
- FARMER & FARREL & CLARK McDONALD. *A validity of two Paper-Pencil Tests of Concrete and Formal Operations*. Journal of Research in Science Teaching. v. 19, n. 6, p. 475-485, 1982.
- FINLEY, F. N. *Evaluating Instruction: The complementary Use of Clinical Interviews*. Jour. of Research in Science Teaching. v. 23, n. 7: p. 636- 650, 1986.
- FISCHER, B. de O. Repensando o Fazer Pedagógico no Ensino de Ciências: Participação Ativa do Aluno. Florianópolis, SC: UFSC, 1990. Dissertação
- FRACASSO, E. Técnicas de Pesquisa. Porto Alegre: UFRGS, 1976. Mimeog.
- FRAGA, M. L. T. *Do Cotidiano à Construção do Pensamento Lógico-Matemático*. Cadernos de Pesquisas v. 72 p. 70-76, Fev. 1990.
- FREITAG, B. PIAGET: Encontros e Desencontros. Rio de Janeiro, RJ : Tempo Brasileiro. 1985
- FROMM, E. A Revolução da Esperança - Por uma Tecnologia Humanizada. 4. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1981.
- 
- Análise do Homem. 9. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1974.

- FURLANI, M. L. T. *Autoridade do Professor; - Meta, Mito ou nada disso?*. São Paulo: Cortez. 1998
- GANDIN, Danilo. *A Escola e a Transformação Social*. Petrópolis, RJ: Vozes, 1988.
- HERRON, J. D. *Piaget for Chemists - Explaining what "Good" Students Cannot Understand.* *Journal of Chemical Education*. v. 52, n.3, p. 146-50. 1975.
- INHELDER, B., BOVET, M., SINCLAIR, H. *Aprendizagem e Estruturas do Conhecimento.* São Paulo: Saraiva, 1977.
- INHELDER, B. e PIAGET, J. *Da Lógica da Criança à Lógica do Adolescente.* São Paulo: Pioneira, 1976.
- KARPLUS, R. *Science Teaching and the development of Reasoning.* *Journal of Research of Science Teaching*. v. 14, n. 2, p. 169-175. 1977.
- KAMII, C. e DEVRIES, R. *Piaget para a Pré-Escola.* Porto Alegre, RS: Artes Médicas. 1991.
- KUHN, D. *The Sgnificance of Piaget's Formal Operations Stage in Education.* *Jour. of Education.* v. 161, n. 1: p. 34-50, 1979.
- KRASILCHIK, M. *O Professor e o Currículo das Ciências.* São Paulo: EPU-EDUSP, 1987.
- LAWSON, A. E. *The Development and Validation of a Test Formal Reasoning.* *Journal of Research in Science Teaching.* v. 19, n. 2, p. 233-248. 1982.
- LAWSON, A. E., McElrath, C. B., BURTON, M. S., JAMES, B. D., DOYLE, R. P., WOODWARD, S. L., KELLERMAN, L., SNYDER, J. D. *Hypothetic-Deductive Skill and Concept Acquisitions: Testing a Constructivist Hypothesis.* *Journal of Reaserch in Science Teaching.* v.28, n. 10: p. 953-970, 1991.
- LAWSON, A. E. & WOLMANN, W. T. *Encouraging the Transition from Concrete to Formal Cognitive Funtioning - an Experiment.* *Journal of Res. in Sci. Teaching,* v. 13, n. 5, p. 413-30, 1976.
- LAWSON, A. E., ABRAHAM, M. R., RENNER, J. W. *A Theory of Instruction: Using the learning Cycle to teach Science Concepts and Thinking Skills.* - NARST, USA. 1989 Monografia.
- LAWSON, A. E., KARPLUS, R., ADI, H. *The Acquisition of Propositional Logic and Formal Operational Schemata During The Secondary School yers.* *Journal of Reaserch in Science Teaching.* v. 15, n. 6: p. 465-478, 1978.

- LERBET, Geroges. *Actualité de Jean Piaget*. Revue Française de Pédagogie, n. 92, juil-sept, p. 5-14, 1990.
- LEWIS, R. W. *Biology: A Hypothetico-Deductive Science*. The American Biology Teacher. v. 50, n. 6, p. 362-367, 1988.
- LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. Pesquisa em Educação. 1. ed. Porto Alegre: Globo. 1974.
- MASON, C. L. *Concept Mappin: A Tool to Develop Reflective Science Instruction*. Sc. Educ. v. 76, n. 1: p. 51-63. 1992.
- MORITZ, C. *Développement de la Pensée Logique, Milieu Social et Réssite Scolaire*. Revue Française de Pedagogie, n. 65, oct-dez, p 47-54, 1981.
- MOSER, Antônio. *Quando a Ecologia se Faz Ideologia*. Revista de Educação AEC, n. 68, p 19-23, Abr/Jun 1989.
- NOSELLA, M. de L. C. D. As Belas Mentiras: A ideologia Subjascente aos Livros Didáticos. 1. ed. São Paulo: Moraes, 1980.
- PADILLA, Michael J. & OKEY, James R. *The Relationship Btween Science Skill and Formal Thinking Abilities*. Journal of Res. in Science Teaching, v. 20, n. 3, p 239-46, 1983.
- PARRA, Nélio. *O Teste de Raven das Operações Lógicas*. Educação e Seleção. n. 7, p. 77-88. jan-jun. 1983.
- PHILLIPS, D. G. SCIENCING: - Towards Logical Thinking. Iowa: University of Iowa, 1981. Mimiog.
- PIAGET, J. Biologia e Conhecimento. 1. ed. Petrópolis, Rj: Vozes, 973.
- \_\_\_\_\_. A Equilibrção das Estruturas Cognitivas. Rio de Janeiro, RJ: Zahar Editores. 1976
- \_\_\_\_\_. Psicologia e Pedagogia. Rio de Janeiro, Ed. Forense, 1980.
- \_\_\_\_\_. Os Dois Problemas Principais da Epistamologia Biológica. in: Lógica do Conhecimento Científico. Vol. 2, Porto: Civilização, p. 255-281. 1981.
- \_\_\_\_\_. Psicologia da Inteliência. Rio de Janeiro: Zahar Editores. 2a. ed. 1983a.
- \_\_\_\_\_. Para Onde vai a Educação? 8. ed. Rio de Janeiro: José Olympio. 1984.
- \_\_\_\_\_. Seis Estudos de Psicologia. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 16ª ed., Rj. 1989.
- \_\_\_\_\_. Epistemologia Genética. 1. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1990.

- PIAGET, J. & GARCIA, R. Psicogênese e História das Ciências. 1. ed. Lisboa: Dom Quixote, 1987.
- PIAGET, J. & INHLEDER, B. A Psicologia da Criança. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1989.
- PIANKA, E. R. Evolutionary Ecology. 4. ed. New York: Harper & Row. 1988.
- PRATT, C. & HACKER, R. J. *Is Lawson's Classroom Test of Formal Reasoning Valid?* Educational and Psychological Measurement. v. 44, n. 2: p. 441-448, 1984.
- PRETTO, N. de L. A Ciência nos Livros Didáticos. Campinas, SP: UNICAMP. 1985.
- RAPETTI, M. V. *El Esquema de Proporción y el Aprendizaje Escolar*. Revista Española da Pedagogia. v. 48, n. 187: p. 527-539, 1990.
- RATHS, L. E., JONAS, A., ROTHESTEIN, A. M., WASSERMANN, S. Ensinar a Pensar. 2. ed. São Paulo: EPU, 1977.
- RUMMEL, J. F. Introdução aos Procedimentos de Pesquisa em Educação: Abordegens Qualitativas. São Paulo: EPU. 1976.
- SCHNEIDER, L. S. & RENNER, J. W. *Concrete and Formal Teaching*. Journal of Research in Science Teaching. v. 17, n. 6, p. 503- 517. 1980.
- SHAYER, M. & ADEY, P. S. *Accelerating the Development of Formal Thinking in Middle Hight School Students*. Journal of Research in Science Teaching. v. 37, n. 3, p. 267-285. 1990.
- SIQUEIRA, J. C. de. *Ética Ecológica e Educação*. Revista de Educação AEC, n. 68 p 28-31, Abr/Jun 1988.
- STAKE, R. E. *Pesquisa Qualitativa/Naturalista - Problemas Epistemológicos*. Ed. e Sel. n. 7, jan-jun. 1983.
- SUKHOMLINSKI, V. O Pensamento Pedagógico. Lisboa: Livros Horizonte. 1975.
- TAGLIEBER, José Erno. *Por que não Piaget?*. Perspectiva. v. 6, n. 12: p. 45-54, jan/jun. 1989.
- TEXLEY, J. T. & NORMANN Jr., J. *The Development of a Group of Formal Operational Logic in the Content Area of Environmental Science*. Journal of Research in Science Teaching v. 21, n. 6, p. 589-597, 1984
- TFOUNI, L. V. CAMARGO, D. A. F. e TFOUNI, E. *Teoria de Piaget e os Exercícios dos Livros Didáticos de Química*. Química Nova. v. 10, n. 2: p. 127-131, 1987.



TOBIN, K. G. & CAPIE, W. *Development and Validation of a Group Test of Integrated Science Processes.* Journal of Research in Science Teaching, v. 19, n. 12, p. 133-141. 1982.

TRIVIÑOS, A. N.S. Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais - A Pesquisa Qualitativa em Educação. S. Paulo, Atlas. 1990.

TUYAROT, T. & COTIGNOLA, M. I. & PUNTE, G. *Análisis del Nivel Operatorio de Alumnos que Ingressan o Cursan al Primer Año en la Universidad.* Revista del Instituto de Investigaciones Educativas. Buenos Aires: v. 16, n. 69, p. 45-51, 1990.

# ANEXOS

## ANEXO 1

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE ESTUDOS DA EDUCAÇÃO  
MESTRADO EM EDUCAÇÃO - EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS  
ALUNO PESQUISADOR: ADEMIR JOSÉ ROSSO

PROJETO DE PESQUISA: "ESTRUTURAS DE PENSAMENTO OPERATÓRIO  
FORMAL PRESENTES E/OU REQUERIDAS NO ENSINO DE EXERCÍCIOS DE  
ECOLOGIA."

Nome: \_\_\_\_\_ Nasc. \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_.

### INFORMAÇÕES PRELIMINARES

1. Antes de começar a resolver o teste leia atentamente as informações preliminares desta página.
2. Preste muita atenção para cada informação contida nas questões.
3. É importante frisar que se trata de um teste para verificar como você organiza e coordena o seu pensamento diante de determi dos problemas.
4. Como consequência do item anterior, a avaliação será sobre a organização de seu raciocínio, não somente sobre o grau de acertos.
- 5 Para que seja possível compreender melhor como você pensou, registre no papel o máximo de informações adicionais possíveis, Como por exemplo, esquemas, ilustrações, cálculos, bem como a explicação de como chegou ao resultado.
6. Caso necessitar de mais espaço para resposta utilize o verso das folhas.

## TESTE - "A"

1. Determinada quantidade de um líquido qualquer quando posto em um cilindro plástico(A) atinge a marca de quatro (04) unidades. Este mesmo líquido quando posto noutro cilindro plástico (B) mais estreito atinge a marca de seis (06) unidades. Pergunta : Que altura atingirá no cilindro (B) quando no cilindro largo (A) tivermos seis unidades? Demonstre como conseguiu sua resposta.

2. Numa gravura de livro encontramos 16 ratos gordos com cauda preta, 6 ratos gordos com cauda branca, 2 ratos magros com cauda preta, e seis ratos magros com cauda branca. Estes ratos representam um exemplo de ratos capturados por um fazendeiro em uma parte de sua fazenda.

Pergunta: Existe alguma relação entre o tamanho dos ratos e a cor de suas caudas?

Justifique a sua resposta.

3. Com base na questão anterior, se o fazendeiro capturar mais um rato nas proximidades de o mesmo local, qual é a possibilidade do mesmo ser gordo?

4. Em uma discussão em que se procurava determinar porque os ratos são gordos, alguém sugeriu que, se os ratos possuem lipídios no sangue ( $p$ ), serão gordos ( $q$ ), ( $p$  implica  $q$ ) ou ( $p \cup q$ ). Com base nesta informação, qual das informações seguintes são verdadeiras ou falsas?

A. Com algumas amostras de sangue com lipídios ( $p$ ), é possível afirmar que essas amostras são provenientes tanto de ratos magros como de gordos, ou seja, ( $p \cup \bar{q}$ ).

B. Com algumas amostras de sangue sem lipídios ( $\bar{p}$ ), é possível afirmar que estas amostras são provenientes tanto de ratos magros como gordos, ou seja, ( $\bar{p} \cup q$ ).

C. Dados alguns ratos magros( $\bar{q}$ ), é possível afirmar que o sangue desses ratos contém lipídios, ou seja, ( $p \cup \bar{q}$ ).

D. Dados alguns ratos magros ( $\bar{q}$ ), é possível afirmar que existem lipídios no sangue desses ratos, isto é, ( $p \cup \bar{q}$ ).

5. Um aluno que pretende realizar um experimento químico no laboratório, precisa de sete litros de água destilada. Mas acontece que não dispõe de vasilha com esta capacidade exata, muito menos com a capacidade de 1 (um) litro. Possui, para tanto, somente uma de capacidade maior, 11 litros e outras duas de capacidade menor, uma com capacidade de 5 litros e outra com a capacidade de 3 litros. Como procederá para conseguir os sete litros de água destilada?

## TESTE "B"

1. Admitindo a existência de super laranjas que produzam uma quantidade excepcional de suco: quando são espremidas quatro delas, rendem seis copos de suco. Quantos copos de suco podem ser feitos com seis destas super laranjas? Demonstre como conseguiu seu resultado?
2. Num saco encontramos retângulos de madeira, três vermelhos, quatro amarelos e cinco azuis. No mesmo saco encontramos também losangos, quatro vermelhos, dois amarelos e três azuis. Perguntamos:
- A. Qual é a probabilidade de se retirar um losânlo?
- B. Qual é a probabilidade de se retirar um retângulo vermelho? C. Qual é a probabilidade de um indivíduo retirar do saco um losango vermelho ou azul?
3. Na gravura de um livreto encontramos 4 peixes grandes com listas largas, 12 peixes pequenos com listas estreitas, 3 peixes grandes com listas estreitas e 9 peixes pequenos com

listas largas.

Pergunta: Existe alguma relação entre o tamanho dos peixes com as suas listas? Explique sua resposta.

4. Num "shopping center" novo, quatro lojas estão para serem abertas no andar térreo. Uma barbearia (B), uma loja de discos (D), uma mercearia (M), e um café (C). Cada loja pode mudar uma ou quatro localizações. Uma possibilidade de ocupação das lojas é BDMC. Liste outras possibilidades de localização. Explique por que ocorrem estas possibilidades.

5. Um árabe que dispunha de uma lata de 5 litros e outra de 3 litros, ambas vazias, desejava comprar quatro litros de azeite de oliva de outro companheiro seu que possuía uma lata cheia com oito litros. Considerando que nenhum dos dois possuía medida com capacidade de um litro, descreva o procedimento que deviam adotar para que nenhum dos dois seja prejudicado (ou saia perdendo).

Obs: Todas as latas eram constituídas de material opaco (não transparente) e possuíam somente uma abertura do tamanho do bico de uma garrafa.

## ANEXO 2

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
DISCIPLINA: EXERCÍCIOS DE ECOLOGIA  
PROFESSORA: VERA LÍCIA VAZ DE ARRUDA

### IIº AVALIAÇÃO

1. Tatuzinhos de jardim vivem embaixo de pedras, folhas ou troncos e estão sujeitos a condições climáticas bem específicas. Esque matize em gráficos hipotéticos os limites de tolerância desses animais a três fatores climáticos escolhidos por você. Cochonilhas são insetos com baixa mobilidade que vivem sugando seiva de plantas. Utilizando os gráficos do tatuzinho, proponha as curvas de tolerância para as cochonilhas.
2. Num lago podemos encontrar várias espécies de animais e vegetais, tais como: microalgas, peixes que se alimentam dessas microalgas, peixes predadores de larvas de insetos e girinos, cobras que predam peixes e anfíbios e aves que predam peixes. A partir desses dados explique os conceitos de população, comunidade e ecossistema.
3. A interação entre formigas e plantas pode acarretar efeitos positivos, negativos ou neutros entre os indivíduos das populações envolvidas. Como você classificaria a interação ecológica existente entre formigas e plantas nos seguintes casos:
  - a) formigas cortadeiras de folhas, por exemplo, saúvas;
  - b) formigas comedoras de sementes; c) formigas que se alimentam de néctar de flores.
4. Considere que, numa população de gatos, alguns produzem ninhadas com seis filhotes, outros com três filhotes e outros com apenas um. Dado que a característica número de filhotes produzidos por ninhada é geneticamente determinada, qual o tamanho de ninhada que você espera que seja favorecido pela seleção natural? Justifique sua resposta, usando o conceito de aptidão.

## ANEXO 3

NOME: \_\_\_\_\_ NASC. \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_.

Ensino de 1º. Grau:  Escola Pública.  Escola Particular.

Ensino de 2º. Grau:  Escola Pública.

Escola Particular.

Curso Pré-Vestibular  Não.  Sim. ) \_\_\_\_\_ Semestre(s).

Vestibulares Realizados \_\_\_\_\_. Curso que está começando passou em  Primeira opção.

Segunda opção.

Razões da escolha do Curso de Biologia?

Baseando-se na definição de Piaget responda as seguintes questões.

O conhecimento consiste (em) adquirir e acumular informações (...) e principalmente em organizá-las (para) solução dos problemas". (Piaget, Biologia e Conhecimento, 1973, p. 77)

1. Avaliando os conhecimentos de Biologia/Botânica estudados e/ou aprendidos até o final do seu 2º. Grau, frente ao enunciado de Piaget, predominam:

informações acumuladas

informações acumuladas e organizadas visando à solução de problemas. (Justifique sua resposta).

2. Relate uma experiência significativa na aprendizagem de Biologia, até o 2º. Grau, que tenha atendido ao enunciado de Jean Piaget. (Se necessitar de mais espaço use o verso da folha).

Para outras informações que gostaria de incluir nesta ficha. (Use o verso).