

# Metodologia de avaliação para *software* educativos em função das estruturas lógico-matemáticas

Eliane Elias F. dos Santos  
Escola de Educação Básica  
Universidade Federal de Uberlândia  
Caixa Postal 593, Uberlândia, Brasil  
elianelias@yahoo.com.br

Aleandra S. Figueira-Sampaio  
Faculdade de Gestão e Negócios  
Universidade Federal de Uberlândia  
aleandra@fagen.ufu.br

Gilberto Arantes Carrijo<sup>1</sup>  
Elise Mendes<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Faculdade de Engenharia Elétrica  
<sup>2</sup>Faculdade de Educação  
Universidade Federal de Uberlândia  
gilberto@ufu.br

## ABSTRACT

Numerous educational software packages are available and many of these are based on constructivist principles. These principles encourage the construction of knowledge through exploration and physical, logical/mathematical and social experiences. However, it is difficult to develop activities that allow observation of subject behavior as logical/mathematical skills are learned because these skills are performed internally. Thus, we proposed a methodology for the characterization of math education software based on the types of logical/mathematical thought structures that can be constructed by using the software. Our methodology was built on the operational theory of Piaget. Some aspects have been linked to analyze mechanisms of mathematical/logical thought construction and coordination in a given operational period. A checklist of questions and metrics is presented. The methodology provides a frame of reference that identifies the intellectual achievements of the student. Diagnosis helps teachers choose software based on the logical/mathematical structure that they wish to construct or the educational goal to be reached. The proper selection and use of the software contributes to cognitive development at each operational stage.

## RESUMO

Há uma diversidade de *software* para educação e muitos são concebidos sob o paradigma construtivista. Nestes princípios, a construção do conhecimento ocorre a partir de ações exploratórias e experiências físicas, lógico-matemáticas e sociais. As atividades para a aprendizagem em que se possa observar o comportamento dos sujeitos em relação ao conhecimento lógico-matemático são difíceis de serem criadas, já que é um conhecimento interno. Seguindo esta perspectiva, o objetivo foi propor uma metodologia para a caracterização de *software* educativos para matemática em função dos tipos de estruturas do pensamento lógico-matemático que podem ser construídas pelo aluno. A metodologia foi construída a partir da teoria operatória de Piaget. Alguns aspectos estão interligados para analisar os mecanismos de construção e coordenação do pensamento lógico-matemático no período operacional. Um processo de medição formado por um conjunto de questões e métricas é apresentado em um *checklist*. A metodologia fornece um contexto de referência que identifica as

realizações intelectuais do aluno. O diagnóstico auxilia o professor na escolha do *software* em função da estrutura lógico-matemática que deve ser construída e do objetivo educacional que deve ser alcançado. A escolha e a utilização adequada do *software* contribuem para o desenvolvimento cognitivo em cada estágio operacional.

## General Terms

Measurement

## Keywords

*Software* educativo, pensamento lógico-matemático, metodologia de avaliação.

## 1. INTRODUÇÃO

A partir da década de 70, houve um crescimento acelerado na produção de *softwares* educativos no mercado mundial. Desde então, muitos países vêm desenvolvendo projetos de uso do computador na educação.

A utilização de ferramentas computacionais ocorre de forma menos intensa do que o seu desenvolvimento. Desde aspectos financeiros até didático-pedagógicos são as causas para esta realidade. Muitos autores falam em falta de qualidade das ferramentas e apontam inúmeras dificuldades que contribuem para tal (Coburn et al., 1982; Ennals et al., 1986; Crozat et al., 1999; Elissavet & Economides, 2000). Na prática, existem muitas dúvidas por parte dos educadores com relação à escolha e utilização destes materiais.

Há uma diversidade de ferramentas desenvolvidas segundo o paradigma construtivista (Elissavet & Economides, 2000). Este paradigma apóia a prática pedagógica relacionada à interatividade, à aprendizagem colaborativa, à autonomia do sujeito e à forma de trabalhar o erro.

Nos princípios construtivistas, a construção do conhecimento ocorre a partir de ações exploratórias e experiências sobre o meio. Para Piaget (1971, 1972) as experiências são físicas, lógico-matemáticas e sociais. Destas experiências, as que desenvolvem o conhecimento lógico-matemático são mais difíceis de criar situações de aprendizagem em que se possa evidenciar o comportamento dos sujeitos uma vez que este conhecimento é interno ao sujeito. No caso da utilização de *software* educativos para este fim, os professores não encontram um instrumento que os auxilie na escolha da ferramenta adequada.

Seguindo esta perspectiva, surge o seguinte questionamento – A ideia da construção do conhecimento por meio das experiências propostas por Piaget está presente nos *software* educativos? Com

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Conference '10, Month 1–2, 2010, City, State, Country.

Copyright 2010 ACM 1-58113-000-0/00/0010 ...\$15.00.

foco nas experiências lógico-matemáticas, o objetivo foi propor uma metodologia para a caracterização de *software* educativos para matemática em função dos tipos de estruturas do pensamento lógico-matemático que podem ser construídas pelo aluno. Tal proposta foi denominada de Estrutura Cognitiva para Tecnologias Educacionais Construtivistas – ECoTEC.

## 2. METODOLOGIA ECoTEC

A metodologia de avaliação ECoTEC foi construída pela diferenciação dos conceitos essenciais e pela desconstrução da teoria operatória de Piaget considerando-se três aspectos: a atividade operatória, a interação e a cooperação. Estes aspectos foram interligados para a análise dos mecanismos de construção e coordenação do pensamento lógico-matemático no período operacional concreto e operacional formal (Santos et al., 2011).

As conquistas cognitivas no nível formal são uma continuidade das noções construídas no nível concreto. Portanto, é necessário entender os mecanismos operacionais no raciocínio concreto para entender os mecanismos no raciocínio formal (Inhelder & Piaget, 1958). O pensamento formal tem sua importância por constituir uma orientação generalizada, explícita ou implícita, para a solução de problemas. Esta orientação procura organizar dados, isolar e controlar variáveis, formular hipóteses e justificativas com base na lógica dos fatos (Flavell, 1963).

O aspecto Atividade Operatória detecta as contribuições para a construção das estruturas cognitivas do pensamento lógico-matemático. O aspecto Interação analisa os recursos que potencializam as experiências adquiridas pela relação do aluno com os objetos. E o aspecto Cooperação analisa os recursos para a realização de operações conjuntas e para a troca social lógica de ações e pensamentos.

## 3. PROCESSO DE MEDIÇÃO

Ao estudar as estruturas cognitivas, Piaget considerou que o agrupamento, o reticulado e o grupo são estruturas precisas e econômicas da “ideal” cognição nas operações lógicas. Essas estruturas constituem uma referência para interpretar algumas qualidades globais do pensamento operacional formal quando comparado com o pensamento operacional concreto. Elas funcionam como uma referência útil na investigação, ou no diagnóstico, de realizações intelectuais específicas nesta área (Flavell, 1963).

Neste contexto, é no módulo Atividades Operatórias que características do esquema antecipador, do agrupamento, do grupo e dos esquemas operatórios são identificadas. As características da interação sujeito-meio físico e sujeito-meio social estão no módulo Interação. E as operações conjuntas com os objetos e com as proposições são características do módulo Cooperação.

Para cada característica foi elaborado um conjunto de questões – formato *checklist*. Cada questão corresponde a uma subcaracterística necessária para a construção intelectual desejada. Em cada questão deve ser informada a presença ou a ausência dos aspectos da teoria operatória de Piaget nas atividades do *software* educativo. Ao todo são 56 (cinquenta e seis) questões divididas entre os módulos Atividades Operatórias, Interação e Cooperação.

## 4. QUESTÕES DO MÓDULO ATIVIDADES OPERATÓRIAS

O módulo Atividades Operatórias é composto por 40 (quarenta) questões que foram agrupadas em categorias (Tabela 1, 2 e 3).

As estruturas cognitivas funcionam como um “campo de força” que opera de maneira eficiente quando se enfrenta um problema. Este campo é dinâmico, móvel e composto de sistemas de operações. É neste campo que o aluno incorpora os dados concretos do problema (Flavell, 1963). Diante do problema, o aluno precisa analisar em qual estrutura cognitiva (“campo de força”) irá alocar os dados do problema e planejar a solução, é o que Piaget chama de esquema antecipador. O esquema antecipador refere-se a um conjunto de ações coordenadas entre si que permitem o planejamento da solução do problema. Este esquema corresponde à antecipação (consciente ou não) das operações para a execução da tarefa.

**Tabela 1. Identificação do esquema antecipador**

Nº	Questões/Subcaracterísticas
1	A atividade sugere uma resposta à pergunta “O QUE É”?
2	A atividade permite colocar em evidência as diferenças e equivalências entre os objetos (grande, pesado, longe, etc.)?
3	Na atividade é necessária a ordenação no espaço e no tempo ao considerar “ONDE” e/ou “QUANDO”?
4	A atividade exige do aluno uma explicação do tipo “POR QUE MOTIVO”?
5	A atividade pede uma avaliação dos fins e meios para relacionar à “COM QUE OBJETIVO”?
6	A atividade envolve contagem do tipo “QUANTO”?

A proposta da atividade representa um projeto quase esquemático de ações ou de operações. As questões de 1 a 6 identificam o esquema antecipador presente na proposta do *software* (Tabela 1). Para Piaget (1960), cada uma dessas questões tem origem num agrupamento. A proposta da atividade pode apresentar um esquema antecipador com um plano muito global e esquemático da operação a ser efetuada. Como consequência, não se sabe como realizar os detalhes da operação projetada. Pela ação sobre os objetos é que um esquema antecipador global se estrutura e se diferencia numa nova operação (Aebli, 1951). Nestes casos, nenhuma das questões consegue identificar o esquema para a atividade proposta.

As capacidades no estágio concreto (agrupamentos elementares) foram extraídas das provas experimentais produzidas por Piaget e aplicadas às questões de 7 a 20 (Tabela 2). Este conjunto de questões investiga a presença de operações lógicas realizadas com classes (Agrupamentos I, II e III) e com relações (Agrupamentos V, VI e VII).

Para o Agrupamento I não se analisa, isoladamente, a capacidade de considerar determinados elementos como membros de uma classe. Esta operação é impossível sem a existência de uma orientação classificatória geral. Para propor uma classe e conhecê-la como uma classe lógica, e não como uma configuração ou coleção momentânea de elementos, é preciso que se tenha capacidade generalizada de (a) propor outras classes; (b) somar várias classes para formar classes superiores; (c) subtrair uma

classe da outra; e (d) incluir uma classe na outra (Flavell, 1963). Nas questões de 7 a 11, investigam-se a possibilidade do aluno somar, subtrair e incluir classes no decorrer das atividades. Enquanto que no Agrupamento II, por meio da questão 12, investiga-se a capacidade do aluno em desfazer mentalmente uma classificação e propor outra considerando um novo atributo.

**Tabela 2. Operações lógicas de classes e relações de agrupamentos**

Nº	Questões/Subcaracterísticas
7	A atividade pressupõe a combinação sucessiva de classes elementares (somar classes) para formar classes superiores?
8	A atividade pressupõe a decomposição de classes de nível mais alto em classes componentes (subtrair classes)?
9	A atividade pressupõe a relação de subclasses (A e A') com a classe superior que as contém (B), de forma que $A+A'=B$ e $B=A+A'$ tenham o mesmo significado?
10	A atividade pressupõe a relação da parte (subclasse A) com o todo (classe superior B), de forma que $A < B$ ou $B > A$ ?
11	A atividade pressupõe a fragmentação de um todo (B) em partes (A e A'), de forma que $A+A'=B$ ?
12	A atividade pressupõe classificar uma coleção de objetos por diferentes características?
13	A atividade pressupõe a formação de uma matriz de dupla entrada pela correspondência entre os elementos de duas séries (ou conjuntos)?
14	A atividade pressupõe classificar os objetos por várias características ao mesmo tempo?
15	A atividade permite a intersecção de duas classes por características diferentes?
16	A atividade pressupõe colocar três ou mais objetos (ou classes) em ordem crescente ou decrescente (tamanho, peso, volume etc.)?
17	A atividade pressupõe a inserção de um novo objeto (ou classe) numa sequência ordenada (crescente ou decrescente)?
18	A atividade pressupõe a utilização de operações direta e/ou inversa de relações simétricas?
19	A atividade pressupõe a correspondência termo a termo entre os objetos de duas séries assimétricas?
20	A atividade pressupõe a formação de uma matriz de dupla entrada pela ordenação dos elementos de duas séries assimétricas?

Além de somadas e subtraídas, as classes também podem ser multiplicadas e divididas (Flavell, 1963). A multiplicação lógica de classes pertence ao Agrupamento III e é fundamentada na correspondência termo a termo. No domínio dos problemas supõe a presença de uma matriz de dupla entrada. Em cada uma das entradas, o aluno coloca objetos ou classes. Os elementos da matriz correspondem ao produto lógico ou a intersecção de duas classes. Pelas questões 13, 14 e 15 é investigada a capacidade do aluno de colocar elementos de dois conjuntos formando uma matriz de dupla entrada. Esta configuração em matrizes permite que o aluno classifique um objeto por vários atributos ao mesmo tempo. Representando cada atributo, as classes se superpõem pela intersecção entre as linhas e as colunas da matriz.

O Agrupamento V refere-se às relações assimétricas. Estas relações são estabelecidas entre objetos, pessoas, fatos, ideias (ou classes) e seriados, ordenados pelas diferenças de tamanho, cor, volume, peso, entre outros elementos. Por exemplo, ao ordenar um conjunto de objetos pelo tamanho pode-se estabelecer entre estes objetos a relação assimétrica de maior (>) ou de menor (<). Ao estabelecer uma série, outros elementos podem ser inseridos na sequência. Por meio das questões 16 e 17 é investigada a capacidade do aluno em relacionar três ou mais objetos (ou classes de objetos) e colocá-los em ordem crescente ou decrescente. Também investiga-se a capacidade de realizar operações transitivas com os elementos da série. Esta capacidade é revelada quando o aluno consegue inserir um novo elemento em uma sequência já ordenada.

No Agrupamento VI consideram-se as relações simétricas. Estas relações são estabelecidas entre objetos, pessoas, fatos ou ideias que são agrupados pelas suas semelhanças ou segundo suas diferenças não ordenadas. Por exemplo, ao classificar os objetos pela semelhança no formato obtém-se a classe A dos triângulos. A classe A possui dois objetos "a" e "b" onde se pode estabelecer a relação simétrica de igualdade (=), tal que se  $a=b$  necessariamente  $b=a$ . Segundo Flavell (1963) existem poucas provas experimentais diretas relacionadas a este agrupamento. As investigações de Piaget referem-se quase que exclusivamente à aquisição da propriedade de simetria nas relações simétricas. Neste caso, a questão 18 investiga apenas a capacidade do aluno de realizar operações diretas e inversas em relações simétricas.

De maneira complementar, Piaget explora no Agrupamento VII as capacidades construídas no Agrupamento III e V. Em seus experimentos, o autor propõe a correspondência termo a termo de séries assimétricas. Esta correspondência pressupõe a formação de uma matriz de dupla entrada em que cada uma das entradas é formada por uma série assimétrica ordenada. Os elementos da matriz formam a multiplicação das duas séries. Nas questões 19 e 20 investiga-se a capacidade do aluno de estabelecer a correspondência termo a termo entre duas séries assimétricas, e também a capacidade de organizar estas séries segundo uma matriz de dupla entrada.

Pelas questões 21 a 23 são investigadas a presença de características da dissociação de fatores nas atividades dos *software* educativos (Tabela 3). No nível concreto já existem algumas formas de dissociação de fatores (Inhelder & Piaget, 1958). Para decidir se há ou não interferência de determinado fator no resultado, o aluno do nível concreto observa se este fator está presente ou ausente. Além da observação, o aluno faz também experimentações ao introduzir ou retirar o fator em questão. A observação e a experimentação permitem a realização de transformações por inversão ou negação. No caso em que o fator não pode ser retirado (por exemplo, peso e comprimento de um objeto), o aluno do nível concreto não consegue afastá-lo e nenhuma variação ocorre na observação. A dimensão do possível não existe; a cognição é alcançada somente no nível formal. O aluno no nível formal compreende que se pode retirar um fator, suprimindo-o quando sua natureza o permite ou neutralizando-o por igualdade quando sua natureza exclui a supressão. O aluno compreende que no sistema que se retira um fator pode-se também, reciprocamente, fazer variar outro fator por supressão ou por adição. A dissociação de fatores ocorre por meio da coordenação de inversão, negação e reciprocidade num único sistema. Esse processo desencadeia a necessidade da constituição

da combinatória, objeto de investigação das questões de 24 a 31 (Tabela 3).

**Tabela 3. Operações lógicas de proposições de grupos e esquemas operatórios**

Nº	Questões/Subcaracterísticas
21	A atividade permite excluir os efeitos de uma variável (propriedade ou acontecimento) apenas pela sua eliminação?
22	A atividade permite neutralizar os efeitos de uma variável (propriedade ou acontecimento) apenas pela associação de outra variável cujo efeito a neutraliza?
23	A atividade permite tanto excluir quanto neutralizar os efeitos de uma variável (propriedade ou acontecimento)?
24	A atividade pressupõe a combinação de objetos (partes ou características) em situações reais pela comparação 2 a 2 e/ou 3 a 3?
25	A atividade pressupõe a combinação de objetos (partes ou características) por meio de deduções/abstrações para formar proposições ou hipóteses?
26	Na atividade existem instruções explícitas para a realização de combinações com os objetos (partes ou características)?
27	A atividade pressupõe a realização espontânea de combinações com objetos (partes ou características)?
28	A atividade pressupõe que a realização das combinações de objetos (partes ou características) é feita por tentativa e erro?
29	A atividade pressupõe que a realização das combinações de objetos (partes ou características) é feita por um método sistemático?
30	A atividade pressupõe a combinação de objetos (partes ou características) como simples unidades?
31	A atividade pressupõe a combinação de objetos (partes ou características) pela qualidade destes objetos?
32	A atividade pressupõe uma interdependência das modificações por inversão e reciprocidade?
33	A atividade pressupõe a atribuição de valores do tipo “Verdadeiro” ou “Falso”?
34	A atividade pressupõe a construção de frações ou relações numéricas e a formação de proporções?
35	A atividade pressupõe a composição de duas ou mais ações para produzir outra ação em sistemas de referência distintos (movimentos relativos)?
36	A atividade pressupõe a construção ou a utilização qualitativa (sem cálculos) de noções que envolvam o princípio da igualdade entre ação e reação?
37	A atividade pressupõe estabelecer relações qualitativas (sem cálculos) entre os casos favoráveis e os casos possíveis na ocorrência de um determinado evento?
38	A atividade pressupõe a construção ou a utilização qualitativa (sem cálculos) da noção de correlação entre duas ou mais variáveis?
39	A atividade pressupõe a construção ou a utilização qualitativa (sem cálculos) da noção de compensação multiplicativa?
40	A atividade pressupõe a construção ou a utilização qualitativa (sem cálculos) da noção de conservação do movimento retilíneo e uniforme?

Ainda no nível concreto, as primeiras combinações aparecem na forma de associações e multiplicações de classes e se referem aos objetos concretos, onde estes são considerados simples unidades. São necessárias instruções explícitas para estimular o aluno nas combinações com os objetos, com as partes dos objetos ou com os atributos. As tentativas para realizar as combinações são baseadas na tentativa e erro.

Para realizar as combinações no nível formal, o aluno utiliza tanto dados reais quanto imaginários. A distinção entre o que é real e o que é possível faz com que o aluno, ao examinar um problema, imagine as possíveis relações. Por um método sistemático, o aluno busca as possíveis soluções do problema. Ele faz deduções e abstrações espontaneamente, e associa os fatores. O aluno combina objetos, partes dos objetos ou qualidades desses objetos, formando as proposições.

As combinações e o pensamento proposicional são realizações intelectuais dos alunos no estágio formal. Nesta etapa as conquistas cognitivas podem ser classificadas do geral para o específico. Em seus experimentos, Piaget identifica conceitos específicos e particulares relacionados à tarefa de estrutura global onde o aluno pode trabalhar. O conjunto de instrumentos conceituais, chamado por Piaget de esquemas operacionais formais, encontra-se num nível intermediário de generalidade (Flavell, 1963). Cada esquema operacional apresenta semelhanças com as estruturas de reticulado e de grupo. São vários os esquemas que se assemelham com o grupo das inversões e reciprocidades (grupo INRC). O aluno constrói as noções ou operações por dedução ou invenção durante a observação e após as combinações experimentais.

O aluno constrói os esquemas operacionais formais por intermédio das operações proposicionais. O pensamento apresenta características de estrutura total, de grupo e reticulado (Inhelder & Piaget, 1958). Por meio das questões 32 e 33 é investigado se a atividade pressupõe a necessidade de operações proposicionais para construir uma noção ou operação; e se existe a interdependência das modificações por inversões e reciprocidade (Tabela 3).

Piaget (Inhelder & Piaget, 1958, Flavell, 1963) descreve um total de oito esquemas operacionais formais: (a) as operações combinatórias; (b) as proporções; (c) a coordenação de dois sistemas de referência e a relatividade dos movimentos e das velocidades; (d) a noção de equilíbrio mecânico; (e) a noção de probabilidade; (f) a noção de correlação; (g) as compensações multiplicativas; (h) a noção da conservação do movimento retilíneo e uniforme. Nas experiências de Piaget, a maioria dessas noções é investigada apenas qualitativamente, sem cálculos.

As operações combinatórias não foram investigadas enquanto esquema operacional formal por já terem sido investigadas enquanto componente do pensamento combinatório nas questões de 24 a 31 (Tabela 3).

A capacidade para construir os esquemas de operações formais não se manifesta espontaneamente, só aparece quando a natureza dos problemas o exige (Inhelder & Piaget, 1958). As questões de 34 a 40 investigam a natureza dos problemas com o intuito de identificar traços dos esquemas operacionais formais (Tabela 3). Na teoria de Piaget, os esquemas operacionais formais aparecem simultaneamente. Por esta razão, com a constatação afirmativa de pelo menos uma das subcaracterísticas dos esquemas, conclui-se

que a atividade contribui para o desenvolvimento das estruturas cognitivas formais.

## 5. QUESTÕES DO MÓDULO INTERAÇÃO

Na teoria de Piaget, a cognição tem relação com as ações reais do aluno (Flavell, 1963). O desenvolvimento intelectual é assegurado pela interação entre aluno e ambiente. No módulo Interação, as experiências dos alunos são analisadas por meio de 6 (seis) questões que também são divididas por categorias.

No estágio concreto, as operações lógicas de classificação, seriação e correspondência dependem das ações concretas do aluno sobre os objetos reais. Essas ações levam o aluno a observar os fatos e a realizar experimentações para captura dos atributos dos objetos. As questões 41 e 42 investigam os recursos oferecidos pelo *software* para capturar os atributos dos objetos, para manipulá-los e para a realização de experimentos (operações lógicas)(Tabela 4).

**Tabela 4. Interação: aluno-meio físico e aluno-meio social**

Nº	Questões/Subcaracterísticas
41	No <i>software</i> existem recursos para reconhecer as características dos objetos?
42	No <i>software</i> existem recursos para realizar experimentos ou simulações?
43	No <i>software</i> existem recursos para que o registro de idéias e opiniões?
44	No <i>software</i> existem recursos para consulta do registro de outras idéias e opiniões?
45	No <i>software</i> existem recursos para a realização de diferentes caminhos para a resolução da atividade?
46	No <i>software</i> existem recursos para a utilização em rede?

Sendo o pensamento formal um pensamento proposicional (Flavell, 1963), o aluno manipula afirmações e proposições que contêm dados concretos. As proposições constituem a verbalização das ações mentais, e podem expressar ideias, sentimentos e opiniões. O aluno realiza várias conexões lógicas entre as proposições, tais como implicação, conjunção, identidade e disjunção. O pensamento proposicional está intimamente relacionado com a orientação para o possível e o hipotético. Diante de um problema, o aluno determina todas as relações implícitas no problema para se certificar de que nada foi omitido. As diferentes combinações constituem hipóteses que precisam ser verificadas. O pensamento proposicional permite que o aluno elimine algumas possibilidades por meio de deduções e inferências, e investigue outras por meio de experimentações e simulações.

Nas questões 43 e 44 são investigados os recursos para o registro e a socialização das ideias e opiniões dos alunos. E na questão 45 investigam-se os recursos que possam realizar efetivamente experimentações e simulações. E os recursos para efetivar a interação entre sujeito e meio-social são investigados na questão 46 (Tabela 4).

## 6. QUESTÕES DO MÓDULO COOPERAÇÃO

A cooperação é estabelecida por operações conjuntas para a realização de trocas sociais lógicas de ações e de pensamentos. A

cooperação pode ocorrer na forma de ações efetivas ou na forma de pensamentos, expressos por proposições. O conjunto de questões 47 a 50 investiga a cooperação na ação (Tabela 5). Nas questões nº 47 e 48 investigam-se a possibilidade de realizar as atividades nos *software* de forma individual ou conjunta, respectivamente.

**Tabela 5. Cooperação: troca social lógica e convívio social**

Nº	Questões/Subcaracterísticas
47	A atividade pressupõe que as experiências e observações sejam realizadas apenas de forma individual?
48	A atividade pressupõe que as experiências e observações sejam realizadas de forma conjunta?
49	A atividade pressupõe uma nova maneira de diferenciar e coordenar as idéias?
50	A atividade pressupõe a aplicação de operações conhecidas a novas situações?
51	A atividade pressupõe a utilização de ideias geradas pelo convívio social?
52	A atividade pressupõe a consideração de situações vivenciadas fora da escola?
53	A atividade permite a escolha de caminhos diferenciados para a resolução dos problemas?
54	A atividade pressupõe o registro de ideias e opiniões?
55	A atividade pressupõe a consulta do registro de ideias e opiniões para o confronto de pontos de vista?
56	A atividade pressupõe uma justificativa das operações realizadas?

Segundo Aebli (1951), as atividades que exigem a construção de uma noção ou um conceito requerem a conciliação de ideias que se divergem no âmbito da concepção de conjunto. A questão 49 identifica se a atividade na ferramenta pressupõe a realização de discussão comum para a introdução de um conceito ou tema. Na discussão comum, a troca social lógica ocorre entre a sala toda. Há troca de observações e reflexões acerca do objeto em estudo. O aluno constrói uma noção ou operação; diferencia e coordena de uma nova forma suas ideias anteriores; confronta diferentes pontos de vista e reconhece que um mesmo problema pode ter diferentes soluções.

Nas atividades de aplicação de noções, operações e métodos de trabalho já existentes, a tarefa é identificar quais devem ser aplicados e como aplicá-los (Aebli, 1951). Esta habilidade é investigada pela questão 50.

Na cooperação em pensamento, as contribuições para a realização conjunta das atividades ocorrem pelas ideias geradas pelo convívio social, dentro e fora da escola, entre os alunos. As questões 51 e 52 (Tabela 5) investigam se a atividade na ferramenta computacional pressupõe a utilização destas ideias na solução do problema.

Pelas diferentes formas de cooperação, o aluno coordena ideias e sentimentos; ele cria, valida e refina teorias. Dessa forma, segundo Piaget, o aluno se insere no mundo dos adultos. O refinamento destas teorias requer a aceitação do grupo como um todo, inclusive dos adultos. É assim que o aluno aprende a reconhecer os diferentes caminhos para a solução de um mesmo problema. Para validar suas ideias, o aluno confronta e coordena os diferentes pontos de vista. As questões de 53 a 56 estabelecem o diagnóstico para estas subcaracterísticas, uma vez que, interpretar, compreender, organizar e integrar o mundo dos

adultos pressupõe uma justificativa. A questão 56 investiga a possibilidade de justificar o conjunto de operações executadas pelo aluno durante a solução de um problema.

### 7. FATORES DE HABILIDADE

A expressão do modelo de qualidade para *software* de McCall et al. (1977) sofreu adaptações para caracterizar os *software* em termos de estruturas lógico-matemáticas. Para a metodologia ECoTEC, os fatores de qualidade foram substituídos por fatores de habilidade (H) que caracterizam as estruturas de conjunto e modelam o comportamento do aluno no período operacional. Para os módulos Interação e Cooperação foi feita uma apropriação do termo habilidade para indicar os recursos disponíveis no *software*. Os coeficientes de regressão (c) foram interpretados como os pesos das habilidades, tais que a somatório dos coeficientes resulte em 1 (um). As expressões foram escritas pela relação  $H = c_1m_1+c_2m_2+\dots+c_nm_n$ . Uma habilidade pode ser formada por uma questão (subcaracterística) ou por um grupo de questões (subcaracterísticas)(Tabelas 6, 7, 8 e 9).

As notas atribuídas às questões (m) correspondem à medida 10 (dez), 0 (zero) ou -1 (um negativo) para cada subcaracterística. O valor 10 (dez) indica que a subcaracterística está presente na ferramenta computacional; o valor 0 (zero) é atribuído para a ausência da subcaracterística; e o valor -1 (um negativo) quando não for possível identificar a presença ou a ausência da subcaracterística. Se a habilidade for formada por mais de um componente e alguns deles (não todos) tiver valor -1 (um negativo) deve-se eliminar da expressão as parcelas correspondentes aos requisitos e efetuar o cálculo com os demais valores. Se todos os componentes da habilidade receberem valor -1 (um negativo), então a habilidade como um todo terá valor -1 (um negativo)

As habilidades formadas por apenas uma subcaracterística têm peso 1 (um). Para as habilidades operatórias de Agrupamento, a definição do peso das habilidades formadas por mais de uma subcaracterística apoiou-se no critério adotado por Piaget. Se houver provas razoáveis da existência de uma ou mais das subcaracterísticas, pode-se inferir a existência da estrutura do agrupamento como um todo (Flavell, 1963). As subcaracterísticas relativas aos Agrupamentos I, II, III, V, VI e VII possuem pesos iguais. E como se deve considerar a somatória dos pesos igual a 1 (um), os pesos da subcaracterística foram obtidos com a divisão do valor 1 (um) pelo número de subcaracterísticas da habilidade.

Para a habilidade H(7) com 5 subcaracterísticas, obteve-se os pesos dividindo 1 por 5. Para H(9), dividiu-se 1 por 3, e para as habilidades H(10) e H(12), 1 por 2 (Tabela 6).

Para as habilidades operatórias de Grupo, em H(13) considera-se a reversibilidade por supressão com peso 0,2; a por adjunção com peso 0,3 e a coordenação das duas formas em um único sistema com peso 0,5 (Tabela 7). Esta distribuição foi adotada porque são fatores crescentes de cognição, sendo que a construção inicia-se no estágio concreto e atinge sua plenitude no estágio formal.

Para as habilidades H(14) e H(15) atribuem-se pesos iguais para todas as subcaraterísticas (Tabela 7). Qualquer subcaracterística isolada de H(14) e H(15) revela atitudes e comportamentos do nível concreto e do nível formal, respectivamente.

**Tabela 6. Habilidades operatórias: Esquema Antecipador e Agrupamentos**

Característica	Questão	Fator de Habilidade
O que é?	1	$H(1) = 1m_1$
É mais? ou É menos?	2	$H(2) = 1m_2$
Onde? Ou quando?	3	$H(3) = 1m_3$
Por que motivo?	4	$H(4) = 1m_4$
Com que objetivo?	5	$H(5) = 1m_5$
Quanto?	6	$H(6) = 1m_6$
Agrupamento I	7	$H(7) = 0,2m_7+0,2m_8+0,2m_9+0,2m_{10}+0,2m_{11}$
	8	
	9	
	10	
	11	
Agrupamento II	12	$H(8) = 1m_{12}$
Agrupamento III	13	$H(9) = 1/3m_{13}+1/3m_{14}+1/3m_{15}$
	14	
	15	
Agrupamento V	16	$H(10) = 0,5m_{16}+0,5m_{17}$
	17	
Agrupamento VI	18	$H(11) = 1m_{18}$
Agrupamento VII	19	$H(12) = 0,5m_{19}+0,5m_{20}$
	20	

No nível concreto, o aluno considera os objetos como simples unidades. Para a elaboração do raciocínio combinatório, as primeiras combinações com objetos, partes ou atributos destes objetos requerem instruções explícitas em situações reais. As ações do aluno são baseadas na tentativa e erro. E no nível formal, fase final da construção do raciocínio combinatório, as possibilidades de combinações com objetos, partes destes objetos ou atributos são realizadas espontaneamente (a) por meio de deduções ou abstrações; (b) por um método sistemático de ação; e (c) pela referência a qualidades dos objetos.

As subcaraterísticas que analisam os recursos de interação das habilidades H(25) e H(26) recebem valores iguais para os pesos (Tabela 8). Em H(25) porque a organização do mundo real em classes e as relações entre as classes e os objetos requerem, de igual forma, a captura dos atributos dos objetos; bem como a realização de experimentos e simulações. E para a habilidade H(26), pela importância dos alunos registrarem e consultarem suas próprias ideias e opiniões.

A cooperação é caracterizada pela realização de operações conjuntas. Essas operações são melhores quando realizadas em pequenos grupos (Aebli, 1951). Sendo assim, para a habilidade H(30) atribui-se peso 0,6 para a subcaracterística que revela a possibilidade de realizar operações conjuntas; 0,3 para a

subcaracterística onde operações conjuntas são realizadas em pequenos grupos; e peso 0,1 para a subcaracterística onde a atividade envolve a sala toda (Tabela 9).

**Tabela 7. Habilidades operatórias: Grupos e Grupo INRC - Inversões e Reciprocidades**

Característica	Questão	Fator de Habilidade
Dissociação e reversibilidade	21	$H(13) = 0,2m_{21} + 0,3m_{22} + 0,5m_{23}$
	22	
	23	
Combinações e hipóteses	24	$H(14) = 0,25m_{24} + 0,25m_{26} + 0,25m_{28} + 0,25m_{30}$
	26	
	28	
	30	
	25	$H(15) = 0,25m_{25} + 0,25m_{27} + 0,25m_{29} + 0,25m_{31}$
	27	
	29	
	31	
Coordenação de inversão e reciprocidade	32	$H(16) = 1m_{32}$
Operações proposicionais	33	$H(17) = 1m_{33}$
Proporções	34	$H(18) = 1m_{34}$
Coordenação de sistemas de referência	35	$H(19) = 1m_{35}$
Princípio da ação e reação	36	$H(20) = 1m_{36}$
Probabilidade	37	$H(21) = 1m_{37}$
Correlação	38	$H(22) = 1m_{38}$
Compensação multiplicativa	39	$H(23) = 1m_{39}$
Conservação do movimento retilíneo e uniforme	40	$H(24) = 1m_{40}$

**Tabela 8. Recursos para habilidades de interação do aluno-meio físico e aluno-meio social**

Característica	Questão	Fator de Habilidade
Atributos dos objetos Operações lógicas com classes e relações	41	$H(25) = 0,5m_{41} + 0,5m_{42}$
	42	
Operações lógicas com proposições	43	$H(26) = 0,5m_{43} + 0,5m_{44}$
	44	
Deduções e inferências	45	$H(27) = 1m_{45}$
Operações conjuntas	46	$H(28) = 1m_{46}$

As habilidades de cooperação H(31) e H(33) recebem pesos iguais para suas subcaracterísticas (Tabela 9). Estas habilidades analisam a troca social lógica entre as ideias geradas pelo convívio social dentro e fora da escola; e o registro e a consulta de ideias e opiniões dos colegas.

**Tabela 9. Habilidades de cooperação entre os pares**

Característica	Questão	Fator de Habilidade
Cooperação na ação	47	$H(29) = 1m_{47}$
	48	$H(30) = 0,6m_{48} + 0,1m_{49} + 0,3m_{50}$
	49	
Cooperação em pensamento	50	$H(31) = 0,5m_{51} + 0,5m_{52}$
	51	
Criação, validação e refinamento de teorias	52	$H(32) = 1m_{53}$
	53	$H(33) = 0,5m_{54} + 0,5m_{55}$
	54	
Interpretação e organização do mundo	55	$H(34) = 1m_{56}$
	56	

Com a interpretação dos valores de cada fator de habilidade gera-se os chamados indicadores. Com estes indicadores é possível diagnosticar cada subcaracterística ou grupos de subcaracterísticas presentes no *software* educativo e apresentar recomendações quanto a construção das estruturas lógico-matemáticas. As expressões (H) que resultam em valores iguais a -1 (um negativo) indicam que não foi possível avaliar a presença ou a ausência dos parâmetros correspondentes às características ou subcaracterísticas das estruturas lógico-matemáticas. Para resultados com valores 0 (zero) não há significado em termos de indicador para as habilidades operatórias, de interação e de cooperação. Qualquer outro valor deve ser interpretado pelas recomendações do fator de habilidade analisado em cada módulo da metodologia ECoTEC.

## 8. CONCLUSÃO

A metodologia de avaliação ECoTEC fornece um contexto de referência que identifica as realizações intelectuais do aluno em decorrência da utilização de *software* nos princípios construtivistas. As realizações intelectuais são reveladas pelas habilidades que podem ser adquiridas pelo aluno. O diagnóstico auxilia na tomada de decisão do professor quanto ao *software* a ser utilizada na sala de aula. O professor escolhe em função da estrutura lógico-matemática que deve ser construída e do objetivo educacional que deve ser alcançado. A escolha e utilização adequada do *software* educativo auxilia o desenvolvimento cognitivo em cada estágio operacional.

No formato de um checklist, o ECoTEC é de fácil compreensão e preenchimento. Os professores podem preencher a ficha de avaliação de forma fragmentada, em função do tempo livre disponível.

Os requisitos do ECoTEC foram elaborados para professores e pesquisadores que avaliam *software* e sua aplicabilidade. A

estrutura da metodologia não exclui a possibilidade de que esta seja utilizada por desenvolvedores de *software*. O contexto de referência do ECoTEC é uma base pedagógica sólida para a produção de *software* educativos que atendam a demanda pela construção de conhecimento lógico-matemático.

## 9. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro da FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais.

## 10. REFERÊNCIAS

- [1] Aebli, H. (1951). *Didactique psychologique: application à la didactique de la psychologie de Jean Piaget* [Psychological didactics. The application of Piaget's psychology to didactics]. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- [2] Coburn, P., Kelman, P., Roberts, N., Snyder, T., Watt, D., Weiner, C. (1982). *Practical guide to computers in education*. New York: Addison-Wesley.
- [3] Crozat, S., Hû, O., Trigano, P. (1999), A method for evaluating multimedia learning software. In: *Proceedings of the IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems*, Florence, Italy.
- [4] Elissavet, G., Economides, A. A. (2000). Evaluation factors of educational software. In: *Proceedings of the International Workshop on Advanced Learning Technologies, IWALT*, Palmerston North, New Zealand.
- [5] Ennals, R., Gwyn, R., Zdravchev, L. (1986). *Information technology and education: The changing school*. England: Ellis-Horwood.
- [6] Flavell, J. H. (1963). *The development psychology of Jean Piaget*. New York: Van Nostrand.
- [7] Inhelder, B., Garcia, R., Voneche, J. (1977). *Epistémologie génétique et équilibration: Hommage à Jean Piaget*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- [8] Inhelder, B., Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*. New York: Basic Books.
- [9] McCall, J. A., Richards, P. K., Walters, G. F. (1977). *Factors in software quality*. Springfield, VA: National Technical Information Service. v. I, II, III.
- [10] Piaget, J. (1972). *The principles of genetic epistemology*. New York: Basic Books.
- [11] Piaget, J. (1971). *Psychology and epistemology: towards a theory of knowledge*. New York: Viking Press.
- [12] Piaget, J. (1960). *The psychology of intelligence*. New Jersey: Littlefield Adams & Co
- [13] Santos, E. E. F.; Figueira-Sampaio, A. S.; Carrijo, G. A. (2011). *Evaluation methodology for logical-mathematical knowledge structures: Cognitive Structure for Constructivist Educational Technology – ECoTEC*. In: MacTeer, C. F. *Distance Education*. New York: Nova Science Publishers.