

## Processo de formação do conceito de cor em crianças de 8- 10 anos: buscando invariantes operatórios

PINTO, Maíra de Oliveira<sup>1</sup>; ZACARIAS, Ríssia da Silva<sup>2</sup>; CARVALHO JUNIOR, Gabriel Dias de<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudante do curso de Pedagogia do IFMG – *Campus* Ouro Branco, bolsista do PIBIC, E-mail: mairadeoliveirapinto.22@gmail.com

<sup>2</sup>Estudante do curso de Pedagogia do IFMG – *Campus* Ouro Branco, voluntário, E-mail: rissiazacarias@hotmail.com

<sup>3</sup>Professor orientador do IFMG – *Campus* Ouro Branco. E-mail: gabriel.carvalho@ifmg.edu.br

### Resumo:

Este trabalho foi resultado de uma pesquisa conduzida com 63 crianças de 8 - 10 anos de uma escola pública de Minas Gerais, que está inserida em uma pesquisa longitudinal ainda em curso. Nosso objetivo era identificar invariantes operatórios utilizados pelas crianças em uma situação que envolvia a formação de cores e sombras, por meio de experimentos com projetor. Acompanhamos as soluções propostas pelas crianças e seus registros. A identificação dos invariantes operatórios baseou-se na Teoria dos Campos Conceituais. Nossas conclusões indicam que crianças concebem as cores como intensidades distintas de escuro. Nossa contribuição para o campo está colocada na interpretação do processo formação do conceito de cor em crianças a partir da Teoria dos Campos Conceituais.

**Palavras-chave:** Formação de cores, conceitualização, Teoria dos campos conceituais

**Área do conhecimento (CNPq):** 7.08.00.00-6 Educação

### INTRODUÇÃO

Este trabalho se enquadra em um projeto mais amplo, de natureza longitudinal, que visa descrever e categorizar os invariantes operatórios (VERGNAUD, 2009) utilizados pelos sujeitos em situações envolvendo os conceitos de cor e sombra, desde crianças da educação infantil até adultos. No presente trabalho, apresentamos os resultados obtidos em pesquisa conduzida junto a 63 crianças entre 8 e 10 anos de uma escola pública municipal de uma cidade no interior de Minas Gerais. As atividades foram realizadas no período regular das aulas das crianças, em três salas distintas de, no máximo, 25 alunos cada uma, perfazendo um total de 200 minutos de intervenção. O estudo sobre concepções de crianças acerca de elementos do conhecimento físico teve impulso no Brasil, sobretudo, a partir de trabalhos ligados ao grupo da professora Anna Maria Pessoa de Carvalho, referência na utilização do construtivismo piagetiano no estudo do desenvolvimento de noções físicas em crianças. A partir de pesquisas sobre a construção de noções físicas, a pesquisadora estabeleceu um importante marco para as intervenções didáticas na área (CARVALHO et al, 2007). Outro marco importante, organizado no campo da didática das ciências, foi o trabalho de Delizoicov, Angoti e Pernambuco (2002), que discutia as bases de um modelo para a educação em Ciências no o ensino fundamental, mas que possuía importantes bases para sua adaptação na Educação Infantil. Os três momentos pedagógicos propostos pelos autores podem ser a base para a construção de intervenções didáticas que sirvam de suporte para a condução de pesquisas. O presente projeto se apoia nos trabalhos citados, sobretudo nas considerações sobre a necessária ação da criança em seu processo de construção de explicações causais para os observáveis. Nesse processo, nossa contribuição ao campo estará duplamente apresentada. Em primeiro lugar, com a discussão mais geral sobre o referencial teórico – a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud – e sua adaptação para a Educação em Ciências. Buscamos, nesse contexto, explicitar os invariantes operatórios (CARVALHO JR, 2013) utilizados pelas crianças tanto para explicar os observáveis quanto para organizar representações gráficas acerca deles.

As atividades propostas foram objeto de uma investigação preliminar em uma turma de educação infantil (CARVALHO JR; SOUZA, 2017) e nos permitiram verificar que algumas crianças conseguem utilizar

VIII Seminário de Iniciação Científica do IFMG – 12 a 14 de agosto de 2019, Campus Ribeirão das Neves.

conhecimentos em ação muito complexos, mesmo que não tenham consciência dos enunciados científicos formais. O presente projeto pretende continuar a investigação já iniciada, ampliando para outras idades e outros contextos.

Nosso referencial teórico para a construção dos instrumentos de análise é a Teoria dos Campos Conceituais (TCC) (VERGNAUD, 1991). Trata-se de uma teoria complexa que é utilizada para estudar a construção de conhecimentos e de competências ao longo de um grande intervalo de tempo. Esta é a razão pela qual a TCC possui uma característica desenvolvimentalista que pode ajudar os pesquisadores a conceber as atividades de pesquisa a partir de tarefas a serem realizadas pelos pesquisados.

Vergnaud procura investigar os conceitos durante o seu processo de formação. Por isso, o acento nas situações como aquilo que dá sentido ao conceito. Para o autor, conceitos funcionam como ferramentas culturais que podem ser utilizados pelos sujeitos e que, por isso, comportam três dimensões: as situações (S), as formas de representação (R) e os invariantes operatórios (VERGNAUD, 1991). Esses últimos são a parte mais plástica do conceito e possuem duas categorias: os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação.

Esse processo de conceitualização necessita de uma base subjetiva que torne o sujeito capaz de agir. A organização da atividade do sujeito é feita por meio de esquemas, conceito psicológico difundido por Piaget (CARVALHO, JR e PARRAT-DAYAN, 2013). Vergnaud amplia a noção de esquema, colocando-o no centro da atividade do sujeito e afirmando que eles são compostos pelas regras de ação e de antecipação, pelos objetivos e metas, pelos mecanismos próprios de controle e pelos invariantes operatórios.

Esses invariantes operatórios possuem duas classes diferentes e complementares. A primeira classe representa o(s) conceito(s) que dado sujeito julga pertinente(s) para abordar determinada situação e são chamados de conceitos-em-ação. A partir dos conceitos julgados como pertinentes, o sujeito estabelece relações entre eles no sentido de projetar a sua ação e obter êxito em suas atividades. Essas relações funcionam como proposições e recebem o nome teoremas-em-ação.

Assim, as interações realizadas entre o sujeito e os objetos ao longo do processo de conceitualização fornecem o cenário para que os conceitos e teoremas em ação possam ser transformados em conceitos científicos. É possível, pois, a partir da investigação dos invariantes operatórios utilizados por determinado sujeito, avaliar como evolui o processo de conceitualização dos sujeitos. Nesse sentido, na medida em que são apresentadas situações que desafiem o repertório cognitivo dos sujeitos, promove-se um intenso processo de significação no qual os sujeitos vão se apropriando das ferramentas culturais necessárias para o domínio do campo conceitual das óptica.

## **METODOLOGIA**

As atividades de pesquisa ocorreram no segundo semestre de 2018, em uma escola municipal de uma cidade do interior de Minas Gerais. O público pesquisado foi composto por crianças de idade média de 9 anos, cursando o terceiro ano do ensino fundamental. As atividades tiveram duração de cerca de 60 minutos em cada classe. Participaram das atividades em sala de aula, como pesquisadores, quatro professores do nosso grupo de pesquisas e duas estudantes do curso de Pedagogia. O pesquisador líder do grupo conduziu as demonstrações e os questionamentos às crianças. As crianças foram identificadas por números (de 1 à 25 em cada turma), de acordo com o local em que estavam assentadas e receberam folhas de papel A4 com o respectivo número impresso. Além dos episódios de interação verbal entre o grupo de pesquisa e as crianças, foi solicitado um registro final sobre as atividades. Nesse sentido, além da folha em branco numerada, cada criança recebeu três lápis de cor (um azul, um vermelho e outro verde), que era somente o material que elas poderiam usar para registrar as atividades que foram propostas. Apresentamos, a seguir, a sequência das atividades aplicadas nas três turmas, indicando os objetivos de cada uma delas.

### **A. Atividade 1 : Disco de Newton**

Usando um disco cartolina furado em seu centro por um lápis, pintado com seis cores (vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e violeta), fizemos o mesmo girar rapidamente. Como resultado, as luzes emergentes de cada setor do disco se misturam, dando a sensação de estar vendo o branco. Realizamos o experimento da fusão das cores e demandamos às crianças explicarem a razão da mudança da sensação de cores. Em seguida, usando o projetor, iluminamos o disco de Newton somente com a luz vermelha e demandamos às crianças a explicação dessa mudança de visualização. Queríamos, com isso, iniciar a discussão acerca da diferença entre o que vemos sob luz branca e o que pode mudar quando uma luz monocromática incide sobre os objetos. Com isso, criamos uma situação em que há uma diferença entre a forma como um mesmo objeto é visto quando iluminado por fontes luminosas distintas.

#### B. Atividade 2 : Projecção de luz monocromática e de sombra

A segunda atividade, usando o projetor emitindo somente a luz vermelha, consistiu em lançar luz vermelha no teto que é branco. O objetivo inicial é dar continuidade à discussão sobre o uso de uma luz monocromática para iluminar os objetos. Em seguida, queríamos introduzir a ideia de que um objeto opaco pode impedir a passagem da luz e, com isso, gerar uma sombra escura. A explicação de que a sombra escura aparece quando um corpo opaco impede a passagem da luz é de fácil compreensão e foi indicada pelas crianças. Essa etapa da atividade não foi colocada com um interesse direto de pesquisa. O objetivo final era o de iniciar a construção de uma situação inusitada quando da projeção de sombras coloridas.

#### C. Atividade 3 : Mistura de cores duas a duas e projeção de sombras coloridas

A terceira etapa consistiu em usar o projetor com dois tipos de luzes acionados : vermelha e verde, para projetar o amarelo ; vermelha e azul, para projetar o magenta ; verde e azul, para projetar o ciano. Para cada caso, as luzes utilizadas eram mostradas às crianças e, em sequência, o projetor era virado para o teto. Em seguida, um objeto opaco (a mão do pesquisador ou uma folha branca) era colocado à frente do projetor. Nesse caso, apareciam sombras coloridas. Por exemplo, quando as luzes vermelha e verde eram utilizadas, apareciam uma sombra escura no centro e duas outras, uma vermelha e a outra, verde. Antes da formação das sombras, no entanto, as crianças eram questionadas sobre o que iria acontecer se a mão fosse colocada à frente do projetor. A resposta era a de que apareceria uma sombra escura, como aquela que fora vista quando da utilização da luz monocromática. Queríamos apresentar uma situação inusitada, que fosse contrária ao que era esperado pelas crianças, em uma típica situação que gera desequilíbrio cognitivo. As explicações apresentadas pelas crianças giravam em torno de uma lógica linear, sem a apresentação de uma relação de causa e consequência. Em geral, as crianças disseram que as sombras eram coloridas porque a fonte era colorida, associando as cores das sombras às luzes utilizadas no projetor.

#### D. Atividade 4 : Uso das três cores juntas e projeção de sombras coloridas

A última etapa consistia em usar as três cores juntas, formando o branco. As crianças foram, então, questionadas acerca do que iria acontecer se a mão fosse colocada à frente do projetor. As crianças indicaram, em geral, que iriam aparecer sombras coloridas, com as cores vermelha, verde e azul, em clara extensão do experimento anteriormente realizado. Quando o experimento é, de fato, feito, aparecem sombras com as cores citadas pelas crianças e outras três : amarela, ciano e magenta. Essa foi mais uma situação em que as crianças se sentiram desequilibradas ao tomarem consciência de que os que estavam vendo excedia ao que tinha sido previsto.

#### E. Atividade 5 : registro e explicação

Após essas atividades, as crianças receberam os três lápis de cor e uma folha numerada para tentarem reproduzir o último experimento de mistura das cores. Algumas crianças realizaram a mistura de cores duas a duas, como havia sido feito na atividade 3. Outras se limitaram a seguir a orientação de tentar produzir o branco a partir dos três lápis que receberam. O objetivo aqui era o de apresentar uma contradição entre o que havia sido feito pelo pesquisador ao projetar as três luzes coloridas e a produção das crianças, usando os três lápis de cor e verificar (1) se as crianças conseguiriam tomar consciência de tal contradição e (2) de que maneira elas iriam lidar com essa contradição e proporiam a sua resolução. Acreditávamos que, assim procedendo, conseguiríamos obter material empírico suficiente para inferir os invariantes operatórios utilizados pelas crianças. Foi conduzida uma discussão com as turmas no sentido de verificar quais seriam as explicações para os resultados obtidos pelas crianças. Por fim, após as crianças terem testado suas hipóteses e realizado os desenhos, foi solicitado que cada criança redigisse uma explicação para a diferença entre o que foi projetado e o que foi obtido pelo desenho de cada uma. Esses registros foram recolhidos, digitalizados e interpretados pelo grupo de pesquisa.

### RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Os episódios que serão trabalhados são aqueles ligados às atividades 4 e 5, visto serem o foco central de nossa investigação. No sentido de garantir o anonimato, identificaremos as crianças por um código de seis algarismos, ligados por hífens. Os dois primeiros referem-se ao número da folha que identifica a criança ; os dois seguintes são o dia em que a pesquisa foi realizada ; os dois últimos são o mês de realização da pesquisa. Para a apresentação dos episódios ligados à diferença entre o projetado e o desenhado, optamos

por indicar algumas das produções escritas mais representativas, assim como alguns desenhos que mais bem ilustram os invariantes operatórios identificados. Dentre as 70 crianças cujas produções puderam ser avaliadas, percebemos uma grande categoria que indica que as diferenças entre o observado pela projeção das luzes e o desenho são devidas às diferenças entre os objetos utilizados (diferença entre lápis e projetor). Nessa categoria, encontramos 56 crianças. As outras 14 crianças apresentam explicações ligadas às características da folha (ser muito clara), à decomposição das cores (sem entrar em detalhes sobre o que isso significa), à madeira (sem explicar o que isso significa) ou não apresentaram respostas. Dentro da categoria « diferença entre lápis e projetor », porém, as respostas não foram uniformes. A maior subcategoria, com 32 crianças, indica explicitamente que o projetor é um objeto « mais claro » que o lápis e, por isso, consegue produzir o branco. Já o lápis, por ser mais escuro, só consegue produzir tonalidades escuras.

(10-01-11) : « a luz é mais forte que o lápis »

(01-01-11) : « porque a luz é forte e a cor do lápis é fraco »

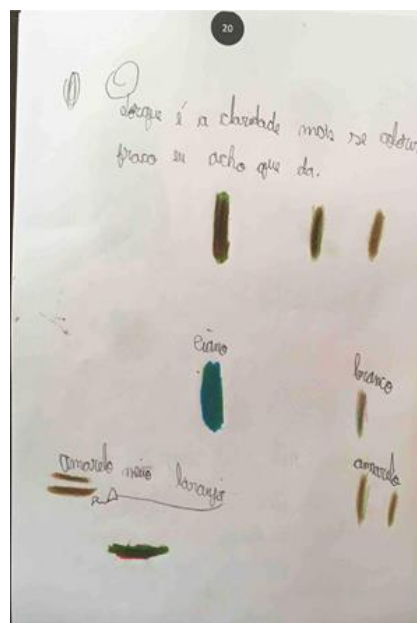
(15-01-11) : « porque a luz é mais forte que o lápis »

(09-29-10) : « porque e uma luz que da claridade e no lapis não dá »

(20-31-10) : « porque é a claridade mais se colorir fraco eu acho que da »

(05-29-10) : « por que o lapis e mais escuro »

**Figura 10** - produção escrita do estudante 20-31-10.



Fonte: Autor.

Figura 11 - produção escrita do estudante 05-29-10.



Fonte: Autor.

Em seguida, há um grupo que, simplesmente, afirma haver diferenças entre o lápis e o projetor, sem identificar a claridade como fator que os diferencia. Nesta subcategoria, há 19 crianças.

(04-01-11): « mas cores de lápis não dá. Tem alguma coisa diferente aí no seu <<projetor>> »

(06-29-10): « porque a lus forma sosinha e nos nao conseguimos »

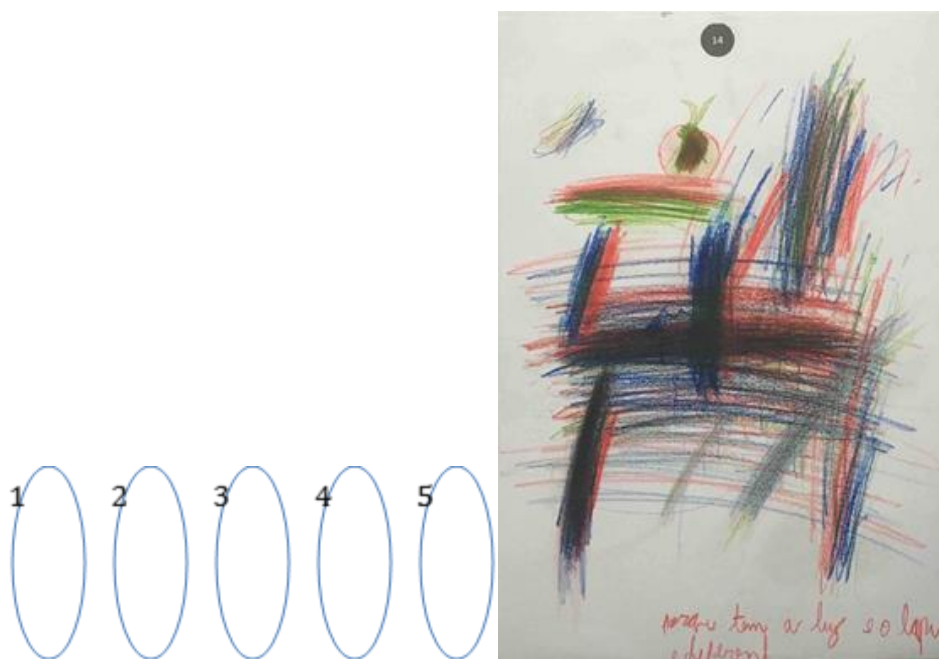
(03-29-10): « a luz tem um tom diferente »

As duas outras subcategorias possuem poucos representantes. Em uma delas, 3 crianças afirmam que o projetor é mais escuro que o lápis. Na outra, 2 crianças afirmam que o projetor consegue juntar as cores e o lápis, não. Apesar dessas subcategorias, há algo curioso que une ainda mais as respostas das crianças de todas as categorias e que está ligada à função dos invariantes operatórios no processo de resolução de problemas (CARVALHO JR, 2013). Frente a uma situação, determinado sujeito atribui como pertinente um ou vários conceitos (os conceitos em ação) para a resolução satisfatória, realizando, com tais conceitos, proposições tidas como verdadeiras (os teoremas em ação). Essas atribuições são a base do exercício de um esquema. Em um segundo momento, o sujeito tenta operacionalizar o que havia sido estabelecido sobre a ação. Entra em jogo, outra característica dos esquemas que é o mecanismo de controle. Se o resultado da ação do esquema for satisfatória, no sentido de produzir um resultado esperado, dá-se por resolvido o problema por parte do sujeito. Caso contrário, outros invariantes operatórios devem ser levados em conta. Pois bem, quando os estudantes foram solicitados a reproduzir em desenho a projeção das três cores utilizando, somente, três lápis de cor, utilizaram uma ordem aleatória para colorir a folha com a expectativa que a mistura das três cores resultaria em branco. Nesse momento, não havia um problema a ser resolvido, visto que as três cores dos lápis eram, exatamente, as três vistas no projetor. Em outras palavras, tratava-se, apenas e tão somente, de uma reprodução simples.

O problema apareceu quando o colorido realizado pelas crianças não resultou na produção do branco. A partir daí, dois conceitos-em-ação distintos foram majoritariamente utilizados pelas crianças. O primeiro, utilizado por 35 crianças, foi a ordem em que se colore, com o conseqüente teorema-em-ação « há uma

*ordem correta de colorir que produz o branco* ». Essa forma de agir fez com que as crianças, independente da explicação final produzida, tentassem colorir usando ordens diferentes (mas, de forma não sistemática) na expectativa de que alguma delas conduzisse ao branco. Esta concepção pode estar ligada à ideia de que cada cor pode suprimir determinada quantidade da luz e que há uma ordem correta em que tal supressão seja minorada e conduza ao branco. Em outras palavras, configura-se em uma organização mais complexa que pode levar à construção do conceito de absorção luminosa, conceito científico pertinente para a explicação da situação proposta. Essa ideia, muito mais vaga e lacunar, também fora encontrada em outro trabalho sobre o mesmo assunto que utilizou, no entanto, crianças mais novas como sujeitos de pesquisa (autor, 2017). No entanto, o insucesso em se conseguir reproduzir o que havia sido visto motivou as crianças a procurar outros conceitos julgados como pertinentes. Dentre as 35 crianças, 16, além de outras 7 que não haviam explicitado a ordem como determinante, identificaram que a pressão com que se coloria poderia ser um conceito pertinente para, então, explicar a diferença. Os teoremas-em-ação « quanto menor a pressão exercida para colorir, mais claro fica o desenho » e « quanto mais claro o desenho, mais próximo de branco vai ficar » são admitidos como verdadeiros neste momento. Essas crianças fizeram, então, outros desenhos, colorindo a folha com pouca pressão, na expectativa de obter o branco. Nesse caso, o insucesso em realizar a tarefa causou frustração às crianças.

**Figura 11** - produção escrita de um dos estudantes do estudante 14-29-10.



Fonte: Autor.

Na figura anterior, os números indicam etapas da produção dos desenhos. No início, a criança coloriu fortemente em duas ordens distintas, sendo que em (1) a última cor foi a azul e em (2) foi a verde. Na parte (3), a criança já tentou colorir com menos pressão, e foi assim diminuindo nas partes (4) e (5).

Algumas dessas crianças ainda tentaram outras possibilidades, ainda ligadas ao conceito em ação de claridade. Algumas crianças explicitaram que se fosse colorido com canetinhas, ou se fossem utilizados outros lápis de cor mais claros ou ainda se fossem utilizados elementos mais « molhados », o resultado seria o branco.

(10-01-11): « ... e se a gente tentar de canetinha ? <<após termos permitido que ela usasse as canetinhas, a criança faz o colorido>> Não deu, deu preto ».

Para diversas crianças, a explicação da claridade encontrou um referente empírico associado ao projetor, que foi o único elemento que, de fato, gerou o branco. O curioso é que mesmo não tendo conseguido

produzir o branco com lápis ou canetinhas, a explicação ligada à claridade parece ter sido satisfatória para as crianças.

## CONCLUSÕES

Em geral, ressaltamos que as crianças atribuem à diferença entre a soma das luzes projetadas e o resultado dos seus desenhos a alguma propriedade do projetor que não se encontra nos lápis, notadamente a claridade. Essa concepção remonta à ideia de que as cores são, em última análise, intensidades distintas de escuridão. Uma das evidências mais fortes da presença dessa concepção é o fato de algumas crianças preverem que a utilização de canetinhas poderia gerar o branco. Interpretamos que esse tipo de enunciação pode ser um princípio do processo de construção do conceito de absorção, conceito este pertinente para a explicação da situação proposta.

Outra verificação importante diz respeito à ideia de que a cor é uma propriedade dos objetos, não considerando a forma como o objeto é iluminado. Essa é uma afirmativa recorrente em algumas crianças pesquisadas e ressalta a lógica dos atributos, algo muito comum nessa faixa etária. A nossa pesquisa acrescenta a essa discussão por tentar explicar o mecanismo psicológico utilizado pelas crianças para abordar, propor soluções e reorientar explicações e previsões a partir dos resultados de sua ação. Nesse sentido, identificar invariantes operatórios utilizados é uma atividade que se revela importante ao possibilitar a construção de um quadro não somente descritivo, mas também e sobretudo explicativo para a conceitualização enquanto o processo está ocorrendo. Esse poder explicativo se coloca em um sentido mais restrito, quando se trata de investigar uma única faixa etária, posto que não se estabelece uma linha genética para a construção e evolução desses invariantes ao longo de larga escala de tempo. Esses resultados, mesmo que ainda restritos a determinada faixa etária, já possuem implicações em salas de aula, no processo de planejamento das intervenções didáticas nesse tema. Mas, ao se colocar como uma peça ao longo de pesquisas realizadas com diferentes públicos de diversas faixas etárias, permite uma explicação mais completa sobre os principais caminhos que o processo de conceitualização pode seguir. Nesse sentido, já nos foi possível perceber uma rota importante ligada ao conceito de absorção entre crianças de 4 - 5 anos e as da atual pesquisa, qual seja a ideia de que os diferentes pigmentos “tampam” parte da luz e que as suas misturas conduzem a uma cor muito escura. Esperamos que o desenvolvimento das outras pesquisas com adolescentes e adultos, usando espaços escolares e não-escolares, nos permita construir um quadro mais amplo que explique a evolução dos invariantes operatórios utilizados e como eles contribuem para o processo de conceitualização.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARVALHO, A.M.P. et alli. **Ciências no Ensino Fundamental**. São Paulo: Editora Scipione, 2007.

CARVALHO JR., G. D. **Invariantes Operatórios na transição entre dois campos conceituais: o caso do tempo relativo**. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, UFMG, Belo Horizonte. 2013.

CARVALHO JR, G. D.; SOUZA, T. P. P. Invariants Opérateires utilises par les enfants sur la formation de couleurs. **La Recherche en Éducation**, n. 17, pp 7-26, 2017.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

PIAGET, J. **La construction du réel chez l'enfant**. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé. 1967. 4ª ed.

VERGNAUD, G. **A criança, a matemática e a realidade**. Curitiba: Editora UFPR. 2009a.

VERGNAUD, G. **La théorie des champs conceptuels**. Recherches en didactique des mathématiques, vol. 10, n.23, p. 133-170, 1990.

VERGNAUD, G. O que é aprender ? In : BITTAR, M. e MUNIZ, C. A. (orgs). **A Aprendizagem Matemática na perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais**. Curitiba: CRV. 2009b. PP.13-35.

VIII Seminário de Iniciação Científica do IFMG – 12 a 14 de agosto de 2019, Campus Ribeirão das Neves.