

OPERAÇÕES FORMAIS: ESTRUTURA DE CONJUNTO COMO MERA PROPOSIÇÃO TEÓRICA?

Fermino Fernandes Sisto
UNICAMP

RESUMO

SISTO, F.F. - *Operações formais: estrutura de conjunto como mera proposição teórica?* *Estudos de Psicologia*, 10(2): 93 - 105, 1993

Analisa-se estudos que usaram a análise fatorial para verificar a unicidade estrutural do pensamento operatório formal. O fato de se encontrar algumas vezes mais de um fator, pode ser explicado por dois motivos diferentes. Por um lado, verifica-se que quando o número de sujeitos não está adequado ao número de variáveis, via de regra, encontra-se mais de um fator, o mesmo praticamente não ocorrendo quando esse critério é satisfeito. Por outro lado, quando se aplica apenas uma prova de controle de variáveis, proporção e combinação emerge um fator, mas quando se aplica mais de uma prova de cada um dos tipos, sóe encontrar-se mais de um fator.

Palavras-chave: operações formais, análise fatorial, psicometria

O livro em que a equipe de Genebra analisa exclusiva e exaustivamente a gênese e desenvolvimento do pensamento operatório formal é 'De la logica del niño a la logica del adolescente' (1972). Nesta obra os autores explicitam que toda parte experimental foi desenvolvida por Inhelder e os últimos capítulos, que tratam da análise teórica, foram escritos por Piaget. Informam que Piaget escreveu sua parte paralela e independentemente das pesquisas que foram levadas a cabo por Inhelder e colaboradores, e apenas acoplaram uma à outra, utilizando a proposta teórica para analisar e explicitar os raciocínios realizados pelos sujeitos nos diferentes experimentos. Em função disto, Piaget acreditou ter comprovado que a dedução lógica da estrutura que caracteriza o pensamento operatório formal foi possível, considerando os estudos realizados anteriormente a nível de pensamento operatório concreto e outras estruturas matemáticas já estabelecidas, e a experimentação viria apenas confirmá-la.

Inhelder e Piaget (1972) afirmam serem quatro as características do pensamento operatório formal. Tem um tipo de funcionamento que integra a possibilidade combinatória, é um pensamento à segunda potência, é hipotético-dedutivo, e encerra a lógica proposicional. Esses quatro aspectos seriam manifestações de uma mesma estrutura operatória, denominada INRC, que constitui o grupo das quatro transformações de Klein.

Essa obra demonstra em vários momentos que o pensamento operatório formal é caracterizado pela combinatória de duas formas diferentes e complementares. Uma delas é com um experimento específico, o da combinação dos corpos químicos incolores, e a outra, ao mostrar a presença da combinatória tanto em raciocínios utilizados em outros experimentos, como na parte de discussão e explicitação lógica das estruturas INRC e reticulado. Quanto a ser uma manifestação quadrática, pensamento à segunda potência, a demonstração é de cunho mais teórico e pode ser encontrada em várias obras, como por exemplo no Ensaio de Lógica Operatória (1949). O mesmo ocorre com a afirmação de que o pensamento operatório formal é hipotético-dedutivo. Neste caso específico, trata-se mais um aspecto conclusivo de várias análises e deduções do que de determinação empírica ou demonstrações categóricas a respeito. A demonstração da utilização da lógica proposicional binária (estrutura de reticulado) é fartamente apresentada em muitos dos experimentos descritos e analisados.

Um grande número de estudos levados a cabo durante principalmente os anos 70 procuraram ampliar e replicar os resultados de Inhelder e Piaget (1972) em maiores e mais diversificados grupos de adolescentes. No geral a maior parte dos resultados indica sua consistência, mas ainda pode-se citar pelo menos quatro situações de exceção.

Primeiramente, Wietz, Bynum, Thomas, e Steger (1973) colocaram que em algumas provas, tal como a magnetização invisível, algumas operações são simplesmente não executáveis pelos sujeitos, ainda que as pessoas possam resolvê-las lançando mão de outras operações operatórias. Em suas conclusões sugerem a possibilidade de que nem todas as operações formais descritas por Piaget sejam utilizadas pelas pessoas, ou pelo menos que nas provas operatórias formais as pessoas podem resolvê-las sem necessariamente proceder apenas pelos raciocínios explicitados pelos pesquisadores suíços. Em outros termos, parece que a forma descrita como usual para enfrentar aquela situação pode não ser tão comum. Resta comentar que apesar destas colocações estes autores não demonstram que algumas das operações formais não existam ou não são executáveis pelas pessoas.

Em segundo lugar, a literatura atestou muita dificuldade em comprovar a universalidade de aquisição do pensamento operatório formal verifica-

do pelas provas descritas pelos suíços. Dale (1970), por exemplo, encontra apenas 25% de pessoas de 15 anos apresentando ainda que rudimentos de habilidades relacionadas ao processo formal de raciocínio. É de se notar que nas pesquisas realizadas, principalmente quatro tipos de problemas tem ocorrido com freqüência. Um deles é a hoje conhecida facilidade que certas provas possuem, talvez pela forma de colocação do problema, ou para captar o início da incorporação do pensamento operatório formal, ou para captar sua equilíbrio. Desta forma, se escolhe provas que facilitam a captação de pensamento operatório equilibrado, diminui-se sensivelmente o número de pessoas que a ele chegaram. Outro problema comumente encontrado, e relacionado ao anterior, é a dificuldade que certas provas apresentam para se distinguir a simples incorporação do raciocínio experimental de sua equilíbrio. Além disto, há muitas tentativas de se averiguar a presença de pensamento operatório formal com provas de papel e lápis, o que então complica exageradamente a distinção de sua incorporação, transição e equilíbrio. Finalmente, protocolos comuns a diferentes amostras atestam a dificuldade de se encontrar a linearidade dos comportamentos descritos como característicos do aparecimento do pensamento operatório formal. A multiplicidade dos comportamentos encontrados, o que de certa forma evidencia a existência do conjunto dos possíveis, característica do pensamento operatório formal, e a possibilidade das pessoas trabalharem também de forma idiossincrática, distancia-se dos protocolos apresentados como exemplos pelos pesquisadores suíços. Isto, por um lado, tem dificultado a análise e caracterização dos dados, e por outro, facilitado a interpretação da inexistência do pensamento operatório formal.

Em terceiro lugar, algumas replicações, como por exemplo a prova do plano inclinado, foi colocada como se não impossível, muito difícil de ser executada, talvez pela inabilidade dos pesquisadores em montar o aparato. O questionamento colocado então é se profissionais apresentam dificuldades para montagem de um aparato de tal natureza, os sujeitos experimentais deverão apresentá-las em graus mais elevados, como também outras de natureza diversa. Torna-se difícil, conseqüentemente, em determinadas provas, saber exatamente o que foi feito a nível instrumental, ainda que na maioria delas este problema ou não aparece ou é facilmente solucionável.

Finalmente, nas provas em que os sujeitos apresentam um desempenho razoável e sua replicabilidade, a nível de material é bastante tranqüila (pêndulo, flexibilidade das varas, balança e combinações químicas) a consistência entre provas foi bastante questionada. Em outros termos, os sujeitos parecem apresentar defasagens entre os resultados das provas operatório formais, o que decerta forma confronta a afirmação feita por Piaget no sentido de que o pensamento operatório formal aparece simultaneamente

em toda sua extensão e conteúdos, enquanto consequência da relação íntima entre reticulado e grupo INRC. Hoje tal defasagem é amplamente conhecida e tudo sugere que a aquisição do raciocínio experimental, pelos diferentes conteúdos é semelhante à do pensamento operatório concreto, no que tange à existência de defasagens horizontais. Entretanto, pesquisas mais especificamente montadas para este fim, onde o sistema amostral e o modelo de análise de dados não seja de cunho correlacional, são necessárias.

Em função da possível não replicabilidade de algumas provas piagetianas ou a dificuldade de aplicação e/ou avaliação de outras, estabeleceu-se sua questionabilidade. No entanto, a precisão e validade de provas tais como pêndulo, flexibilidade das varas, balança, flutuação de corpos, e a combinação dos corpos químicos incolores podem ser consideradas bastante estudadas e não se tem encontrado maiores dificuldades tanto na parte instrumental, quanto no que se refere a sua avaliação. Deve-se ressaltar também que essas mesmas provas são as que têm se prestado mais a adaptações para testes de papel e lápis.

De fato a defasagem da manifestação operatório formal, pode, numa primeira análise ser considerada como nítida contradição para a proposta piagetiana de sincronismo e unidade estrutural, e parece que esta tendência tem sido bastante constante. Entretanto, tem-se que considerar que uma medida acurada, tal como se discute e na maioria das vezes se supõe ter feito, é tarefa extremamente complexa e não há nenhuma razão para se acreditar que qualquer medida realizada possa ser inteiramente fidedigna. A partir disso, em princípio, pode-se atenuar a contradição em função da imprecisão da própria prova, dificuldades de entrevista, ou talvez maior ou menor cooperação por parte dos sujeitos, pela apresentação mais ou menos interessante das várias provas aos diferentes sujeitos. Apesar de se ter que conviver com a constância de possíveis defasagens, a heterogeneidade e a assimetria dos resultados conseguidos dificultam tanto a posição de Piaget como a de outros investigadores com resultados díspares.

Estudos realizados por Neimark (1970), Raven (1973), Arlin (1975), Lawson, Nordland e DeVito (1975), Martorano (1977), Linn e Levine (1978), Lawson (1979), e Tschopp e Kurdek (1981), entre outros, correlacionaram resultados obtidos no que se refere ao desempenho frente às diferentes provas formais, no mesmo e entre experimentos, dentre as apresentadas por Inhelder (1970). As correlações encontradas variaram bastante, e bem abaixo de uma predição esperada (1.0) se colocadas em função de um conjunto uníssono de operações mentais. Por outro lado, as correlações são o suficientemente altas (bem acima de 0.0) para serem simplesmente atribuídas ao acaso. nestes trabalhos, entretanto, pode-se objetar que para se

analisar o desenvolvimento sincrônico, a seleção dos sujeitos é extremamente importante, o que de fato não foi devidamente considerado.

Para uma análise mais acurada do desenvolvimento, principalmente o sincrônico, tem-se discutido e considerado como necessário que se construa amostras onde se leve em consideração principalmente três aspectos. Um deles é que todos os sujeitos devem pertencer a um intervalo etário pequeno, para se evitar a possibilidade de interferência de sua variabilidade e suas outras relações. Ao mesmo tempo apresentar uma variabilidade suficientemente ampla na incorporação das operações formais, para que haja a possibilidade de ocorrência de graus de correlações, que se darão em função da amplitude do intervalo de comportamento mensurado. Finalmente, os sujeitos devem também estar em fase de desenvolvimento de tal forma que todos estejam em movimento em direção ao equilíbrio final do pensamento operatório formal, posto que se os sujeitos já se distanciaram bastante desta etapa de desenvolvimento outras variáveis começam a disputar a explicação do fenômeno, ou no mínimo interferir nele.

Bart (1971) com 90 sujeitos, onde dois destes critérios encontravam-se presentes, e estudando as provas da sombra, balança, pêndulo e conservação de movimento, constata intercorrelações variando entre 0,45 a 0,73. Bentley (1977), por sua vez controlando os três aspectos anteriormente comentados, observou correlações de 0,73 e 0,65, respectivamente nas provas do pêndulo e da flexibilidade das varas, em duas amostras diferentes no que se refere a faixas etárias. Nesta mesma pesquisa, em questões relativas ao período do pêndulo e o quanto de flexibilidade das varas, as correlações foram de 0,84 e 0,70, respectivamente. Lawson (1977) estudando 28 indivíduos de 11 e 13 anos, e também considerando os três critérios, acusa em provas de flexibilidade de varas, balança e combinação de corpos químicos, correlações entre 0,60 e 0,70.

Considerando os dados destes três pesquisadores as correlações aumentam substancialmente fornecendo suporte à hipótese piagetiana de que o pensamento operatório formal pode ser controlado por um conjunto único de operações mentais.

Na literatura, as pesquisas utilizando a análise fatorial como instrumento de validação da hipótese de fator único - o pensamento operatório formal compostos de várias formas operatórias integradas - fornecem resultados que podem ser agrupados como considerando desde apenas provas operatórias formais (Shayer e Adey, 1971; Lawson, 1977) até múltiplas medidas e múltiplos tratamentos (Pallrand, 1977; Lawson, Karplus e Adi, 1978; Baird e Borich, 1985; Gipson e Abraham, 1985), passando por provas operatórias concreta e formal (Lawson e Renner, 1974; e Lawson e Nordland, 1976), provas operatórias formais e diferentes variáveis cognitivas (Lovell e

Shields, 1967; Bart, 1971; Ross, 1973; Lawson, Nordland e DeVito, 1975; Blake, Lawson e Nordland, 1976; Lawson, 1978; e Staver e Gabel, 1979; Lim, 1988); como também medidas alternativas de pensamento operatório formal (Tobin e Capié, 1980).

A quantidade de provas e os tipos variam de pesquisa para pesquisa. As provas utilizadas nos trabalhos antes citados são: flexibilidade das varas, balança, combinações químicas, pêndulo, plano inclinado, volume com cilindros, flutuação de corpos, conservação de movimento, correlação, proporção, controle de variáveis, probabilidade, combinação, bolas de bilhar, e sombras.

1 - Estudos fatoriais sobre a unicidade do pensamento operatório formal

Lovell e Shields (1967) aplicaram 17 testes envolvendo volume, balança, combinações químicas e pêndulo em 50 crianças, de 8 a 10 anos de idade, com pontuação verbal igual ou superior a 140 no WISC. As provas da balança, combinações químicas, e pêndulo saturaram fortemente o componente principal, e a prova do pêndulo saturou em menor grau também outros dois fatores. Pese a que o pequeno número de sujeitos comprometa o resultado da análise fatorial, há forte sugestão da unicidade fatorial.

Bart (1971), em estudo já citado anteriormente, utilizou as provas de pêndulo, conservação de movimento, balança e sombras, e em testes de conteúdos de biologia, história e literatura, assim como em inteligência verbal. Muito pouco efeito pode ser atribuído à inteligência verbal, já que quando parcialmente retirado as correlações não decresceram substancialmente. A análise fatorial revelou um único fator explicando as provas operatórias e outro as provas de conteúdo, deixando claro que as provas de conteúdo exigem outro tipo de habilidade diferente das operações formais.

Ross (1973) trabalhou com 65 sujeitos e lançou mão de 5 provas formais e 11 outras variáveis sendo que suas análises forneceram 5 fatores: o pensamento operatório formal saturou em 3 dos fatores. Seus resultados entretanto devem ser vistos com parcimônia, haja vista o número de sujeitos e variáveis envolvidas. Apesar disso, deve-se notar que a unicidade do pensamento operatório formal não foi encontrada.

Layson e Renner (1974) relatam resultados de três análises de componentes principais, que incluem provas concretas e formais. Na primeira, 514 estudantes responderam provas de conservação de quantidade, peso, volume com massa e com cilindros, flutuação de corpos e pêndulo. Esperavam obter dois fatores para explicar, respectivamente, o pensamento operatório concreto e o operatório formal, e tal foi resultado. No segundo estudo

relatam os resultados sobre cinco provas administradas por Mckinnon (1970), quais sejam, volume utilizando massa, bola de bilhar, flexibilidade das varas, flutuação de corpos e pêndulo, em 143 estudantes. Novamente a predição em termos operatórios concreto e formal se confirmou. O terceiro estudo englobou 134 sujeitos e aplicou-se provas de conservação de peso, de volume com cilindros, balança, proporção, quebra cabeça 'islands' e flexibilidade das varas. A análise fatorial revelou um componente para explicar a maior parte da variância (62%).

Lawson, Nordland e DeVito (1975) utilizaram conservação de volume com massa e cilindros, flexibilidade das varas e pêndulo em 71 sujeitos, de 18 a 20 anos, coletando informações com teste referentes a atitudes relativas à ciência, teste verbal e matemático (SAT), e o Inventário de processos científicos de Wisconsin, além de 6 medidas de escolaridade. A análise de componentes principais de 14 variáveis forneceu 4 fatores explicando 33, 13, 9 e 8% da variância. Estes dados levaram os autores a concluir pela necessidade outros elementos além das provas piagetianas para se obter melhores explicações no que se refere à escolaridade, no caso do primeiro fator; o segundo fator, parece indicar que uma atitude positiva com referência às ciências vem junto à habilidades de raciocínio; o terceiro fator foi identificado como uma dimensão de conhecimentos em ciências e matemática; e o quarto fator foi considerado muito difícil de interpretar pela pouca variância envolvida. Deve-se ressaltar que o número de sujeitos em função das variáveis consideradas está bem abaixo do recomendado, para uma análise desta natureza.

Blake, Lawson e Nordland (1976) relatam o resultado de uma pesquisa com 150 sujeitos em três questões do quebra cabeça 'islands', volume com cilindros, flexibilidade das varas e balança. Emergiram dois fatores, uma das provas piagetianas formais e outro do quebra cabeça, sugerindo a unicidade do pensamento operatório formal, como também que o outro instrumento requer algum outro elemento cognitivo além das operações descritas por Piaget.

Lawson (1977), pesquisa já citada anteriormente, depois do estudo de intercorrelações, analisa seus dados pela análise de componentes principais e encontra um único fator saturado em 76%.

Pallrand (1977) testou 66 sujeitos de 13 a 23 anos, em 12 tarefas relacionadas a proporção, combinação e correlação, e encontra quatro fatores, dois dos quais são apenas comentados, sendo que no geral as tarefas operatórias se separaram. Os dados apresentam problemas devido ao pequeno número de sujeitos em função da quantidade de tarefas.

Bentley (1977) estudo 80 sujeitos, de duas séries escolares, em tarefas múltiplas de pêndulo e flexibilidade das varas levantando a hipótese

de dois fatores posto que Piaget afirma a existência do INRC e do reticulado como estruturas controladoras do pensamento operatório formal. As correlações entre os itens de reticulado foram altas (0,73 e 0,65), como também o foram entre os itens referentes ao INRC (0,84 e 0,70). Seus resultados de análise fatorial indicam a presença de dois fatores, saturados conforme expectativa, mas apesar disso conclui que ambos possuem uma base comum, possivelmente a estrutura de conjunto.

Lawson, Karplus e Adi (1978) aplicaram a 507 estudantes 7 itens de papel e lápis (proporção, probabilidade e correlação e lógica proposicional) e analisaram os resultados pela análise de componentes principais. Encontraram dois componentes e questionam a lógica proposicional dentro do raciocínio formal.

Lawson (1978) desenvolveu um teste de aplicação em grupo de 15 itens envolvendo conservação de peso, volume com cilindros, proporção, probabilidade, combinatória, e isolar e controlar variáveis. Aplicou este instrumento em 72 crianças de várias idades. Individualmente aplicou conservação de peso, volume com cilindros, flexibilidade das varas e balança. A análise dos componentes principais com os dados da aplicação individual resultou em três fatores, explicando 66% da variância. Encontrou resultado semelhante na aplicação em grupo o que o levou a concluir pela não intervenção da forma de coleta de dados nos resultados obtidos. O relato apresenta interpretações não muito claras, talvez devido ao pequeno número de sujeitos frente à quantidade de variáveis, mas o fato é que as diferentes provas saturaram diferentes fatores.

Staver e Gabel (1979) realizaram uma análise fatorial sobre as informações provenientes de provas aplicadas em 126 sujeitos, de diferentes graus de escolaridade, com medidas de 22 variáveis, incluindo 5 provas formais por entrevista, provas formais por escrito, o teste de Inteligência de Lorge-Thorndike e o teste de habilidades cognitivas, e encontraram 5 fatores. Os resultados parecem não suportar a hipótese de unicidade do pensamento operatório formal. Entretanto, deve-se observar que o número de variáveis é muito grande para o número de sujeitos pesquisados, o que de certa forma explica as saturações encontradas nos diferentes fatores (explicando 61, 13, 10, 8 e 6% de variância).

Tobin e Capie (1980) trabalharam com teste de papel e lápis, no qual existiam dois itens de raciocínio formal relacionados a cada prova de combinação, proporção, probabilidade, correlação e controle de variáveis, em 682 sujeitos, de uma mesma série. A análise fatorial acusou a presença de um único fator, explicando 43% da variância, levando-os à concluir por uma estrutura comum subjacente às respostas.

Shayer e Adey (1981) relatam resultados de análise fatorial em 550 sujeitos de cinco provas formais, quais sejam, pêndulo, balança, plano inclinado, combinações químicas e flexibilidade das varas. Concluíram que o raciocínio formal se sustenta como constructo unitário.

Baird e Borich (1985) utilizaram os instrumentos Classroom Test of Formal Operations (Lawson) e o Group Assessment of Logical Thinking (Galt) para medir raciocínio, e o Test of Integrated Process Skills (Tips II) e o Process Skills of Science Test (Pss) para medir habilidades de processos integrados de ciências. Os resultados indicam que os instrumentos compartilham mais variância do que a esperada e que pode não se tratar de diferentes habilidades. Foi executada uma análise fatorial em intercorrelações de subtestes e encontrados os subfatores de controle de variáveis, raciocínio probabilístico e raciocínio combinatorial.

Gipson e Abraham (1985) solicitaram que estudantes universitários de biologia geral identificassem proporção, combinações de gametas a partir de genótipos paternos e probabilidade estimada de gametas ou descendência. A cada um dos 71 estudantes foram usadas provas piagetianas para testar o raciocínio proporcional, raciocínio combinatorial e raciocínio probabilístico. As correlações de Pearson e análise fatorial não mostraram relação direta entre tarefas piagetianas e os três tipos de raciocínio e sua correspondente ocorrência em problemas genéticos.

Lim (1988) aplicou a 459 estudantes de nona série de 15 anos de idade de Singapura o Teste de Inteligência Geral AH4 de Heim, as Matrizes Progressivas de Raven, as Tarefas de Raciocínio Científico de Shayer e o Teste de Raciocínio formal de Arlin, sendo que estes dois últimos averiguam operações formais piagetianas. Encontrou uma estrutura fatorial hierárquica.

2 - Algumas conclusões

Estes estudos parecem fornecer elementos que sugerem a aceitação da hipótese de fator único. Os primeiros estudos (Ross, 1973; Lawson, Nordland e DeVito, 1975; Staver e Gabel, 1979; e Pallrand, 1977) facilitaram tal interpretação, mas trabalharam ou com poucos sujeitos e/ou um restrito intervalo de comportamentos. Outros trabalhos, entretanto, parecem sugerir também tal caminho e não apresentam esse tipo de restrição. As pesquisas estudadas sugerem que quando se respeita os limites de funcionamento do modelo fatorial, os resultados tendem a comprovar a hipótese da unicidade funcional.

Nada obstante, apesar das provas operatórias formais parecerem suficientemente interrelacionadas os dados facilitam a interpretação de que elas podem se organizar por gupos de esquemas, tal qual já afirmaram os pesquisadores suíços e indicaram alguns deles, como por exemplo a corre-

lação. Desta forma, ainda que uma análise fatorial possa encontrar mais de um fator, isto parece ser devido não apenas ao número, mas também à diversidade de provas utilizadas: apenas porque cada uma delas pode requerer esquemas operatórios formais que se distinguem no seu **modus faciendi**. O que parece ocorrer é que quando provas que solicitam esquemas operatórios formais diferentes são aplicadas conjuntamente, elas se aglomeram produzindo um único fator. Entretanto, da mesma forma que certas provas facilitam a emergência de esquemas operatório formais comuns, quando se trabalha com mais de um experimento nas diferentes provas, parece que há mais facilidade para a ocorrência de vários fatores, já que estaria possibilitando o fortalecimento dos grupos de esquemas. Desta maneira, é comum o aparecimento de vários fatores, facilitando-se a interpretação da não unicidade do pensamento operatório formal. Em termos concretos, quando se utiliza apenas uma prova de controle de variáveis, proporção e combinação é mais facilmente encontrado um único fator explicando as intercorrelações. No entanto, se muitas provas de cada um dos três tipos é aplicado a um grupo de sujeitos, sóe surgir um maior número de fatores.

SUMMARY

SISTO, F.F. - *Formal operations: ensemble structure as mere theoretical proposition?* *Estudos de Psicologia*, 10(2): 953-105, 1993

Studies that used factorial analysis to verify the structural oneness of formal operational thought were investigated. Sometimes one finds more than one factor, which can be explained for two different reasons. First, when the number of subjects and variables is not adequate, more than one factor will usually be found and, when this criterion is satisfied, the same does not always occur. On the other hand, when one applies only one task to control the variables, propositional and combinatorial reasonings, a unique factor appears. nevertheless, when more than one task for each kind of reasoning is used, more than one facotr is usually found.

Key words: formal operations, factorial analysis, psychometry

BIBLIOGRAFIA

- ARLIN, P.K. - Cognitive development in adulthood: a fifth stage? **Developmental Psychology**, 11, 602-606, 1975.
- BART, W.M. - The factor structure of formal operations. **British Journal of Educational Psychology**, 41, 70-79, 1971.
- BAIRD, W.E.; BORICH, G.D. - Validity Considerations for the Study of Formal Reasoning Ability and Integrated Science Process Skills. 1985, 22 p.; Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching.
- BENTLEY, W. - An exploration of structuring in the stage of formal operations. Paper presented at the Annual Meeting of the Jean Piaget Society, Philadelphia, 1977.
- BLAKE, A.J.D., LAWSON, A.E., & NORDLAND, F.H. - The Karplus islands puzzle: does it measure Piagetian operations? **Journal of Research in Science Teaching**, 13, 397-404, 1976.
- BRAINERD, C.J. - The development of the proportionality scheme in children and adolescents. **Developmental Psychology**, 5, 469-476, 1971.
- BYNUM, T.W., THOMAS, J.A., & WEITZ, L.L. - Truth-functional logic in formal operational thinking: Inhelder and Piaget's evidence **Developmental Psychology**, 7, 129-132, 1972.
- CLOUTIER, R., and GOLDSCHMID, M.L. - Individual differences in the development of formal reasoning. **Child Development**, 47, 1097-1102, 1976.
- DALE, L.G. - The growth of systematic thinking: replication and analysis of Piaget's first chemical experiment. **Australian Journal of Psychology**, 22, 277-286, 1970.
- GIPSON, M. and ABRAHAM, M.R. - Relationships between formal-operational thought and conceptual difficulties in genetics problem solving. 1985, 10 p.; Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching.
- INHELDER, B., e PIAGET, J. - De la logica del niño a la logica del adolescente, Paidós, Buenos Aires, 1972.

- LAWSON, A.E. - Relationships among performances on three formal operations tasks. **The Journal of Psychology**, 96, 235-241, 1977.
- LAWSON, A.E. - The development and validation of a classroom test of a formal reasoning. **Journal of Research in Science Teaching**, 15, 11-24, 1978.
- LAWSON, A.E. - Relationships among performances on administered items of formal reasoning. **Perceptual and Motor Skills**, 48, 71-78, 1979.
- LAWSON, A.E., & NORDLAND, F.H. - The factor structure of some Piagetian tasks. **Journal of Research in Science Teaching**, 13, 461-466, 1976.
- LAWSON, A.E., NORDLAND, F.H., & DeVITO, A. - Relationships of formal reasoning to achievement, aptitudes, and attitudes in pre-service teachers. **Journal of Research in Science Teaching**, 12, 423-431, 1975.
- LAWSON, A.E., & RENNER, J.W. - A quantitative analysis of responses to Piagetian tasks and its implications for curriculum. **Science Education**, 58, 545-559, 1974.
- LIM, T.K. - Relationships between standardized psychometric and piagetian measures of intelligence at the formal operations level. **Intelligence**; v12 n2 p167-82 1988.
- LINN, M.C. & LEVINE, D.I. - Adolescent reasoning influence of question format and type of variables on ability to control variables. **Science Education**, 62, 377-388, 1978.
- LOVELL, K., & SHIELDS, J.B. - Some aspects of a study of the gifted child. **British Journal of Educational Psychology**, 37, 201-208, 1967.
- MARTORANO, S. - A developmental analysis of performance on Piaget's formal operations tasks. **Developmental Psychology**, 13, 666-672, 1977.
- NEIMARK, E.D. - A preliminary search for formal operations structures. **Journal of Genetic Psychology**, 116, 223-232, 1970.
- NEIMARK, E.D. - Longitudinal development of formal operations thought. **Genetic Psychology Monographs**, 91, 171-225, 1975.

- RAVEN, R.J. - The development of a test of Piaget's logical operations. **Science Education**, 57, 33-40, 1973.
- ROSS, R.J. - Some empirical parameters of formal thinking. **Journal of Youth and Adolescence**, 2, 167-177, 1973.
- SHAYER, M., & ADEY, P. - 'Towards a science of science teaching'. London: Heinemann Educational Books. 1981.
- STAVER, J.R., & GABEL, D.L. - The development and construct validation of a group-administered test of formal thought. **Journal of Research in Science Teaching**, 16, 535-544, 1979.
- TOBIN, K.G., & CAPIE, W. - The development and validation of a group test of logical thinking. American Educational Research Association Annual Convention, Boston, 1980.
- TSCHOPP, J.K., & KURDEK, L.A. - An assessment of the relationship between traditional and paper-and pencil operations tasks. **Journal of Research in Science Teaching**, 18, 87-92, 1981.
- WEITZ, L.J., BYNUM, T.W., THOMAS, J.A., & STEGER, J.A. - Piaget's system of 16 binary operations: an empirical investigation. **Journal of Genetic psychology**, 1234, 229-234, 1973.