Cabri-Géomètre et théorie de Van Hiele : possibilités et progrès dans la construction du concept de quadrilatère

Ivonélia DA PURIFICAÇÃO
Universidade Tuiuti do Paraná - UTP

L'étude de l'introduction de l'informatique dans les écoles brésiliennes révèle un travail développé aussi bien dans une perspective d'instruction, où l'ordinateur constitue l'objet d'étude, que dans une perspective de construction, où l'ordinateur est utilisé comme ressource en une situation d'enseignement-apprentissage (VALENTE, 1993).

Parmi les logiciels éducationnels utilisés au Brésil, on remarque des progrès dans l'utilisation du logiciel Cabri-Géomètre en tant que ressource informatisée dans la relation enseignement-apprentissage (SANGIACOMO, 1996; SILVA, 1997; POVOAS, 1997; HENRIQUES, 1997; SANTOS, 1997).

Quand on considère cet outil comme un grand allié dans le processus enseignement-apprentissage, c'est parce qu'on a remarqué que les élèves interagissent avec le camarade et avec la machine, qu'ils échangent des expériences, qu'ils font des hypothèses de résolution des activités sur l'ordinateur, qu'ils discutent et qu'ils cherchent d'autres formes de résolution.

Le logiciel Cabri-Géomètre permet de créer et de construire des figures pouvant subir des déformités par le déplacement de leurs éléments, rendant possible de visualiser les mouvements et la conservation de propriétés géométriques.

LABORDE et CAPPONNI (1994) soutiennent que le Cabri-Géomètre permet l'apprentissage des relations visuelles et géométriques pour trois raisons:

- les phénomènes visuels gagnent de l'importance en raison de la dimension dynamique du Cabri-Géomètre;
- ces phénomènes sont contrôlés par la theórie, car ils sont le résultat d'une modélisation graphique et d'un modèle analytique de propriétés géométriques;

- les possibilités sans limites de situations géométriques peuvent être visualisées avec un grand nombre d'objets d'une forme précise.

Puisque l'objectif de cette étude est de comprendre comment les concepts géométriques sont construits et non simplement d'acquérir des techniques d'utilisation d'un logiciel spécifique ou de mémoriser des définitions, on considère d'une importance fondamentale, lors de notre revue de la littérature, de chercher des références sur l'apprentissage des concepts géométriques.

Parmi plusieurs approches sur le raisonnement et l'apprentissage des concepts géométriques, on a retenu la théorie van HIELE (1986), développée par les Hollandais Dina et Pierre van HIELE, qu'on considère celle qui met en relief le vécu scolaire, qui propose des niveaux de compréhension des concepts géométriques et qui se préoccupe des difficultés présentées par les élèves en situation scolaire.

Les van HIELE ont remarqué que les élèves semblaient progresser dans le raisonnement géométrique par cinq niveaux consécutifs: la visualisation, l'analyse, la déduction informelle, la déduction formelle et la rigueur. Plusieurs chercheurs ayant développé des recherches par l'utilisation de cette théorie (WIRSZUP, 1976; MAYBERRY, 1983; HOFFER, 1985); BURGER & SHAUGHNESSY, 1986; DE VILLIERS, 1987; JAIME A. P. & GUTIERREZ, 1990; CLEMENTS & BATTISTA, 1991; NASSER, 1992; CROWLEY, 1996) confirment que l'apprentissage des concepts géométriques part d'une pensée plus globale vers une pensée analytique, finalisant avec la déduction mathématique plus rigoureuse. Les niveaux sont compris de la façon suivante:

- La visualisation: le concept géométrique est perçu dans le plan de l'apparence et les figures sont observées,mais non conceptualisées, comme un carré, un triangle, un rectangle et autres.
- L'analyse: le sujet commence à analyser les figures géométriques et à différencier leurs propriétés. L'enfant, en ce cas, lorsqu'il identifie le carré, il établit la relation entre les côtés égaux et les angles avec la même mesure.
- La déduction informelle: le sujet peut établir des relations entre les figures, d'inclusion et d'implication, déduire des propriétés et reconnaître les classes des figures. En ce cas, il présente la relation d'inclusion du carré dans les quadrilatères et les rectangles.

- La déduction formelle: le sujet travaille les déductions et il comprend les fonctions des termes, des axiomes, des postulats, des théorèmes et des démonstrations. Par exemple, il comprend que le résultat de l'addition des angles internes d'un triangle est 180° par l'argumentation d'axiomes et de postulats.
- La rigueur: le sujet comprend l'abstraction géométrique non-euclidiènne, il peut comparer des systèmes différents, il développe des systèmes axiomatiques et les relations topologiques les plus complexes.

Dans la théorie van HIELE on trouve aussi des caractéristiques essentielles pour le développement de la pensée géométrique, à savoir, d'après NASSER (1991): la hiérarchie, la linguistique, l'intrinsèque, l'extrinsèque, le progrès et la dénivellation.

En ce qui concerne la hiérarchie, on remarque une séquence des niveaux: il faut des niveaux construits antérieurement pour atteindre un niveau plus élevé. Quant à la linguistique, un concept géométrique est exprimé en langage propre avec des symboles et des relations. Relativement au rapport intrinsèque/extrinsèque, les niveaux établissent une intersection, c'est-à-dire que ce qui est implicite dans un niveau devient explicite dans le niveau supérieur. En ce qui concerne le progrès, la théorie van HIELE explicite que les niveaux dépendent de l'instruction pour être atteints, plus que de l'âge ou de la maturité de l'élève. Quant aux dénivellations, il faut un raisonnement de même niveau entre des partenaires de l'apprentissage géométrique, c'est-à-dire qu'il n'y aura pas d'élévation de niveau si l'activité développée se situe dans un niveau plus avancé que celui construit par l'élève.

Le présent travail de recherche a été effectué chez des élèves de la dernière année d'études collégiales du réseau d'enseignement de CURITIBA, au Brésil, dont la démarche a été la suivante: un test préalable, une interview, l'utilisation du logiciel Cabri-Géomètre, un test postérieur et une deuxième interview. L'étude a eu pour but d'identifier, de décrire, d'analyser et d'interpréter les stratégies élaborées par les sujets dans leurs constructions géométriques, ainsi que de connaître les formes de justifier ces constructions, pour identifier les possibles progrès de la pensée géométrique des élèves concernés, d'après la théorie van HIELE.

On a appliqué un test préalable à chacun des sujets, fondé sur la théorie van HIELE, dans le but d'identifier à quel niveau de la pensée géométrique se trouvait chaque sujet. Le test van HIELE, développé par USISKIN, coordinateur du projet Cognitive Development and Achievement in Secondary School Geometry - CDASSG, a le but d'identifier à quel niveau de pensée géométrique de la théorie van HIELE se trouve chaque sujet (NASSER, 1992). On a trouvé important aussi de faire une interview en utilisant la ressource du 'paint brush', sur la compréhension des sujets en géométrie. On a effectué 11 applications du logiciel Cabri par 28 activités extraites de BONGIOVANNI (1997) et de CAMPOS (1998). Le même test de van HIELE et la même interview ont été faits après l'application du logiciel Cabri-Géomètre.

Les réponses des sujets ont été classées par catégories selon les indicateurs de BURGER & SHAUGHNESSY (1986). On a cherché à identifier les niveaux de van HIELE en analysant les données qui montraient la compréhension et la perception des élèves, ainsi que des réponses compatibles avec les niveaux structuraux et l'indication de progrès de niveau. On a aussi employé pour les analyses les degrés d'acquisition des niveaux de van HIELE, qui sont classés en périodes par GUTIERREZ (1991).

Face aux données collectées et analysées, ayant pour base la littérature mentionnée, on peut faire les considérations suivantes:

Les sujets qui ont participé à l'étude ont eu les résultats suivants dans le test de van HIELE:

Tabela - **Identification des niveaux des sujets: test préalable et test postérieur**

Sujets	Test préalable	Test postérieur
Ad	Niveau 2	Niveau 3
Ce	Niveau 1	Niveau 1
Da	Niveau 1	Niveau 2
Ma	Niveau 2	Niveau 2
Ra	Niveau 1	Niveau 1
She	Niveau 2	Niveau 3

On a remarqué que les niveaux sont hiérarchiques, c'est-à-dire qu'il faut des niveaux construits antérieurement pour atteindre un niveau plus élevé; ce qui est implicite dans un niveau devient explicite dans le niveau supérieur. Pour y avoir des progrès, il faut de l'instruction, car le passage d'un niveau au niveau suivant se produit d'une façon continue, mais lente et graduelle. Un autre aspect essentiel est la linguistique. Chaque niveau présente un langage particulier, où le sujet exprime un concept géométrique avec son propre langage, avec l'utilisation de symboles et de relations, comme le confirment la théorie van HIELE (1986) et JAIME & GUTIERREZ (1990). En ce qui concerne l'aspect dénivellation, il faut un raisonnement de même niveau entre les partenaires de l'apprentissage géométrique, c'est-à-dire qu'il n'y aura pas d'élévation de niveau si l'activité développée est dans un niveau plus élevé que celui construit par le sujet.

Cela confirme les résultats de l'interview,où les sujets ayant été diagnostiqués dans un certain niveau présentaient des verbalisations de même niveau avec des éléments indiquant des progrès vers un niveau plus élevé, ce qui suggère son acquisition. Mais, face à une situation exigeant des relations d'un niveau plus avancé, il revennaient au niveau inférieur. GUTIERREZ argumente qu'un sujet, face à une difficulté plus grande que celles que ses expériences lui ont offertes, a tendance de baisser de niveau. La même situation a été observée lors de l'application du logiciel Cabri-Géomètre.

Le sujets ayant été diagnostiqués par le test van HIELE au niveau 1 lors du test préalable n’ont pas présenté de progrès lors du test postérieur. Les sujets ont souvent identifié et construit les figures correctement, suivant un itinéraire, mais il n'ont pas verbalisé leurs propriétés en langage conventionnel, ce qui les a conduit à des erreurs dans le test van HIELE, surtout pour le niveau 2, où l'on demande de présenter par écrit les propriétés des quadrilatères.

On remarque des progrès dans l'interview et dans la réalisation des activités du Cabri, avec une oscillation prédominante entre les niveaux 1 et 2. On croit que pour les sujets qui étaient au début au niveau 1, on devrait avoir employé d'autres ressources telles que des matériels permettant la manipulation, avant le logiciel Cabri, où le concept géométrique est perçu dans le plan de l'apparence et les figures sont observées mais non conceptualisées.

On a remarqué en plus que les sujets n’ont pas présenté des difficultés avec les figures prototypiques du carré et du rectangle, tandis qu'ils ont montré une certaine confusion entre les figures du parallélogramme, du losange et du trapèze.

Pendant la réalisation des activités avec le Cabri, les sujets ont plus facilement verbalisé l'identification des perpendiculaires et ils ont explicité que les droites perpendiculaires forment un angle de 90°. Cependant, en ce qui concerne le parallélisme, ils ont montré une plus grande difficulté d'identification et de description des droites parallèles, ce qui semble surpassé par les sujets qui étaient au niveau 2 lors du début de la réalisation des activités du Cabri. Les sujets ayant été diagnostiqués au départ au niveau 1 ont présenté une plus grande difficulté pour établir les relations entre des perpendiculaires, de parallélisme et les propriétés des quadrilatères.

0n a remarqué que les exercices finals de type boîte noire, où les sujets ouvraient des fichiers contenant des exercices faits dont ils devaient manipuler la construction ont exigé une compréhension de niveaux plus élevés. Ceux-ci ont été atteints par des sujets qui avaient une acquisition complète de niveau 2, car ils ont été capables d'expliciter les propriétés des quadrilatères, d'établir des rapports et, parfois, l'inclusion de classes.

La difficulté des sujets diagnostiqués au niveau 1 pour passer à un niveau supérieur suggère que la seule utilisation du logiciel Cabri-Géomètre ne garantit pas de progrès "complets" de la pensée géométrique de ces sujets-là. Il faut que le professeur utilise d'autres matériels d'appui. Au niveau 1, les indicateurs montrent que le sujet se sert d'un langage qui ne correspond pas au langage conventionnel de la géométrie. Par exemple: quand il observe la figure du parallélogramme, il n'est pas capable de nommer la figure. D'après les résultats de la présente étude, si le sujet a déjà été diagnostiqué avec l'acquisition complète du niveau 2 et il verbalise donc quelques propriétés du langage géométrique conventionnel, il pourra bénéficier de l'utilisation du logiciel Cabri, à condition que les activités soient structurées en séquence, conformément à la même théorie van HIELE.

0n a pu observer que, lors de l'utilisation du logiciel Cabri-Géomètre, les sujets exercent les activités avec assurance, qu'ils discutent, infèrent, conjecturent et visualisent les concepts et les propriétés géométriques, ce qui indique l'apprentissage de niveaux plus complexes de pensée géométrique.

Cela montre la nécessité de recherches sur la formation de ce professeur pour l'utilisation des ressources technologiques pouvant vraiment l'aider et apporter des résultats importants au processus d'enseignement-apprentissage, ainsi que des recherches cherchant des résultats importants de l'utilisation des ressources technologiques dans le processus éducationnel.

Références

BONGIOVANNI, Vicenzo; CAMPOS, Tânia M; ALMOULOUD, Saddo. Descobrindo o Cabri-Géomètre. São Paulo: FTD, 1997.

BURGER, W. F. & SHAUGHNESSY, M. J.. Characterizing the van Hiele levels of development in geometry. Journal for Research in Mathematics, 17, 1986, p.31-48.

CABRI-GÉOMÈTRIC. O caderno interativo para ensinar e aprender geometria. Manual do Usuário. São Paulo, 1996.

CAMPOS, Tânia M.M. (org). Explorando conceitos de geometria elementar com o software Cabri-Géomètre. Sào Paulo: EDUC, 1998.

CLEMENTS, D. H. & BATTISTA, M. T. van Hiele levels of learning geometry. Proceedings of the 15th PME conference, vol. I, pp. 223-230, 1991.

CROWLEY, M. L. O modelo Van Hiele de desenvolvimento do pensamento geométrico. In. SHULTE, Albert P.; LINDQUIST Mary Montgomery. (org.) Aprendendo e ensinando: Geometria. Trad. Hygino H. Domingos. São Paulo: Atual, 1996.

FUYS, D., GEDDES, D., e TISCHLER, R. The van Hiele model of thinking in geometry among alolescents. Journal for Research in Mathematics Education Monograph, nº 3. 1988.

GUTIÉRREZ, Angel; JAIME, Adela & FORTUNY, José M. An Altenative Paradigm to Evaluate the Acquisition of the van Hiele Levels. Journal for Research in Mathematics Education. 1991, vol. 22. p. 237-251.

HENRIQUES, A. Papel- e-Lápis X Cabri-Géomètre II: o caso do teorema de superfícies lunares – TSl. In: Anais do II Encontro Brasileiro de estudantes de Pós-Graduação em Educação matemática. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 1997.

HOFFER, A. Pesquisa baseada em van Hiele. In. Landau M. & Lesh R. Acquisition of Mathematics Concepts and Processes. Tradução Clenisa T. Curti. Grupo Momento. São Paulo, 1985.

JAIME. A. P. e GUTIÉRREZ A. R. Una propuesta de Fundamentacion para la Enseñanza de la geometria: El modelo de van Hiele. In: CISCAR, Salvador L. & GARCIA, Maria V. S. Teoria Y Practica en Educacion Matemática. Sevila: Ediciones Alfar, 1990.

LABORDE, C. e CAPPONNI, B. Aprender a ver e manipular o objeto além do traçado no Cabri-Géomètre. Em Aberto, n.º 62, Brasília, 1994.

MAYBERRY, J. The van Hiele levels of geometry thought in undergraduate preservice teachers. Journal for Research in Mathematics Educations. 14, 1983, p. 58-69.

NASSER, L. Using the van Hiele Theory to Improve Secondary School Geometry in Brazil. Tese de doutorado, King's College, Universidade de Londres, 1992.

PÓVOAS, R. V. C. Um Micromundo de aprendizagem geométrica: quadriláteros e o Cabri. In: Anais do II Encontro Brasileiro de estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 1997.

SANGIACOMO, L. O processo da mudança de estatuto: de desenho para figura geométrica. São Paulo, 1996. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática)São Paulo : PUC.

SANTOS, Marcelo Câmara dos. Efeitos da utilização do Cabri-Géomètre no Desenvolvimento do pensamento Geométrico. Anais SBIE – Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, São José dos Campos, ITA, 1997, p. 779-785.

SILVA, M. C. L. da. Teorema de Tales: Uma engenharia didática utilizando o Cabri-Géomètre. São Paulo, 1997. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática) Pontifícia Universidade Católica- PUCSP.

VALENTE, J. A. Diferentes usos do computador na Educação. Em Aberto. Brasília, ano 12, n.º 57, jan/mar. 1993, p. 3-15.

van HIELE P. Structure and Insight. Orlando, Fl: Academic Press. 1986.

VILLIERS, M. D. Research Evidence on Hierarchical Thinking, Teaching Strategies and the van Hiele Theory: Some Critical Coments. Working document prepared for the Working Conference on Geometry, held at Syracuse University (NY), 11-13 june 1987.

WIRSZUP, I. (1976). Breakthroughs in the psychology of learning and teaching geometry. In J. L. Martin & D. A. Bradbard (Ed.), Space and geometry. Papers from a research workshop (pp. 75-97). Athens, GA: University of Georgia, Georgia Center for the Study of Learning and Teaching Mathematics. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 132 033).

ZILLIG, R. C. Sólidos de Revolução em Geometria de Superfícies. Anais VII Congresso Internacional Logo e I Congresso de Informática Educativa do mercosul, Porto Alegre, UFRG, 1995.