

Artigo 3

Tema
ENSINO DE MATEMÁTICA

Buscando a Educação Inclusiva em Geometria

Towards an Inclusive Education in Geometry

Ana Maria M. R. Kaleff

Fernanda Malinosky C. da Rosa

RESUMO

Apresentam-se ações realizadas em um projeto de extensão denominado "Vendo com as Mãos", no âmbito do Laboratório de Ensino de Geometria da Universidade Federal Fluminense (UFF). Esse projeto tem por objetivo criar recursos didáticos, na forma de materiais concretos e virtuais, e atividades adequadas ao ensino de Geometria para alunos do ensino básico com deficiência visual. Faz parte de outro mais amplo, que visa à educação inclusiva de alunos deficientes, na medida em que na universidade se desenvolve o aparato didático, enquanto em instituições especializadas os recursos desenvolvidos são testados com alunos, sob a supervisão de um especialista da respectiva instituição. De início, apresentam-se alguns aspectos do aparato didático aplicado em disciplinas dos cursos da UFF, presenciais e na modalidade a distância, nos níveis de licenciatura em Matemática e de especialização para professores. Mostram-se como tais recursos são levados a atividades não formais e de extensão, bem como a exposições do tipo museu interativo destinadas ao público em geral. Cobre-se o conjunto de recursos didáticos testados no Instituto Benjamin Constant do Rio de Janeiro ao longo de 2009 e 2010 e focalizam-se duas atividades específicas, os respectivos materiais didáticos, bem como aspectos práticos de sua implementação.

Palavras-chave: Geometria. Educação inclusiva. Deficientes visuais. Recursos didáticos. Museu interativo.

ABSTRACT

This paper presents actions performed in an extension project named "Seeing with the Hands", within the Laboratory for Teaching Geometry at Universidade Federal Fluminense (UFF). This project aims to create didactic resources in the form of concrete and virtual materials and appropriated activities to the teaching of Geometry for elementary school students with visual impairments. It is part of a larger project that aims the inclusive education of impaired students, as the University develops the didactic apparatus, while the resulting materials are tested with students of specialized institutions under the supervision of their expert teachers. Initially, we present some aspects of the didactic apparatus as applied in face and remote disciplines of the Mathematics Bachelors and the specialization courses for teachers in UFF. We show how these resources are brought to non-formal and extension activities, as well as into expositions classified as interactive museum for the public in general. We present the entire span of didactic resources that were tested at Instituto Benjamin Constant in Rio de Janeiro during the years of 2009 and 2010 and we focus on two specific activities and their didactic materials, as well as the practical aspects of its implementation.

Keywords: Geometry. Inclusive education. Visually impaired. Didactic resources. Interactive museum.

Apresentação

Desde 2008, as ações realizadas no Laboratório de Ensino de Geometria (LEG), localizado na cidade de Niterói (RJ) e no Instituto de Matemática e Estatística (IME-UFF) da Universidade Federal Fluminense (UFF), estão muito voltadas para a preparação profissional do licenciando de Matemática com vistas a instrumentalizá-lo para o ensino de alunos com algum tipo de deficiência, pois se busca adequar o futuro profissional às necessidades da educação inclusiva. Nessa direção,

iniciou-se um projeto de extensão, denominado “Vendo com as Mãos”, no qual são desenvolvidos recursos didáticos especiais e atividades adaptadas destinadas a alunos com deficiência visual. Durante os dois anos últimos anos do projeto, esses recursos foram testados no Instituto Benjamin Constant (IBC) no Rio de Janeiro.

O referido projeto, como os demais realizados no LEG, integra professores de três departamentos da UFF, licenciandos e professores de Matemática que atuam em escolas dos ensinos fundamental e médio. Além desses participantes, durante a interação no IBC, a equipe teve a importante, imprescindível e ativa participação voluntária da professora Paula Márcia Barbosa, especialista dessa instituição.

Primeiramente, cabem algumas palavras sobre o que é o LEG, salientando-se que seu objetivo central é a criação de materiais e métodos didáticos adequados ao desenvolvimento de habilidades geométricas de alunos da escola básica (incluindo os que possuem alguma deficiência, principalmente deficientes visuais), licenciandos e docentes em formação continuada. No ambiente desse laboratório, visa-se à melhoria do ensino da Geometria, a uma melhor preparação do profissional e à inclusão de alunos deficientes em escolas regulares.

O laboratório é um espaço em que se procuram maneiras diversificadas de se modelarem conceitos e relações geométricas, por meio de materiais tanto concretos quanto advindos da informática. Na busca dessa modelação, tem sido criado um acervo de recursos didáticos, do qual fazem parte diversos tipos de artefatos manipulativos concretos e eletrônicos interativos, para os quais são desenvolvidas atividades didáticas especialmente direcionadas ao manuseio e à interatividade.

O ferramental desenvolvido no LEG tem larga aplicação na UFF, tanto no ensino presencial quanto no a distância, na formação continuada de professores, em cursos de extensão, bem como em disciplinas dos dois cursos de especialização destinados a profissionais dos ensinos fundamental e médio.

Os alunos do ensino básico não ficam fora da área de abrangência do LEG, pois são beneficiados de forma direta pelos recursos didáticos desenvolvidos, destinados tanto à sala de aula e a laboratórios de ensino quanto a exposições e a feiras de ciências do tipo “museu interativo”. As exposições desse tipo têm por objetivo a divulgação e a popularização da Matemática, e são montadas por ocasião de eventos ligados à formação do professor e ao ensino de Matemática, tais como Semana da Matemática do IME-UFF, Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, Semana de Extensão da UFF etc., como relatado por Kaleff (2010b).

O projeto “Vendo com as Mãos” e outros relacionados com a educação do deficiente visual

Há cerca de três anos, os esforços do LEG também estão voltados principalmente para a criação de um acervo didático adaptado à educação inclusiva do aluno portador de deficiência visual. Esse acervo especial também inclui artefatos manipulativos e atividades didáticas para serem apresentados em mostras do museu interativo. Para esse núcleo especial, os artefatos do atual acervo estão sendo adaptados por meio da utilização de materiais apropriados à percepção tátil e com diversas texturas.

É importante ressaltar que o projeto “Vendo com as Mãos”, da mesma forma que os demais no âmbito do LEG, visa à democratização do conhecimento desenvolvido na UFF e leva em conta o

baixo poder aquisitivo de grande parte dos professores da escola básica. Em face dessa realidade, os artefatos didáticos concretos criados no laboratório são tradicionalmente construídos a partir de materiais de sucata ou de baixo custo, comumente encontrados no comércio. Utilizam-se, entre outros, papéis, papelões e emborrachados planos de diversos tipos e espessuras; vários acetatos e aglomerados de madeira; canudos; linhas variadas. No LEG, também se desenvolvem atividades a partir de brinquedos e materiais didáticos à venda no mercado ou descritos em livros-texto, tais como jogos de encaixe do tipo *quebra-cabeça*, *blocos lógicos*, *material dourado*, vários tipos de tangrans etc. (KALEFF, 2010a).

Por outro lado, para a modelagem virtual dos materiais e jogos, há cerca de uma década, a equipe do LEG vem lançando mão de recursos da informática com a utilização de programas computacionais livres, relacionados com a *Geometria dinâmica*, visando ao ensino de vários conteúdos da Geometria escolar permeados por esses jogos. Foram utilizados, principalmente, os programas *C.a.R* (*Régua e Compasso – Z.U.L.*, GROTHMANN, 2006) e *Geogebra* (HOHENWARTER, 2001). Estes são excelentes ambientes para os iniciantes na computação dinâmica, pois permitem a construção de pontos, segmentos, semirretas, retas, planos, polígonos, curvas e muito mais.

Objetivando a elaboração de recursos virtuais mais adequados à aplicação no ensino a distância, nos três últimos anos, foi desenvolvido no IME-UFF o Projeto “Conteúdos Digitais para o Ensino e Aprendizagem da Matemática do Ensino Médio” (CDME), patrocinado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia. No âmbito desse projeto, na busca da adequação dos jogos do LEG à dinâmica do ambiente da Internet, foram criados experimentos educacionais com novos aplicativos interativos e atividades didáticas, destinados ao ensino básico, principalmente ao ensino médio. Assim, novas versões dos quebra-cabeças e de outros jogos de interação foram elaboradas com recursos gráficos computacionais funcionalmente mais competentes (*Adobe Flash e Java*).

Os experimentos educacionais criados no âmbito do projeto CDME foram aprovados pelo Banco Internacional de Objetos Educacionais junto à Secretaria do Ensino a Distância (SEED/MEC) e estão publicados no *Portal do Professor do MEC* (ver em BRASIL/MEC), como também se encontram à disposição do público em sua íntegra na página do projeto (UFF/CDME). No *Guia do Professor*, que acompanha cada um desses experimentos educacionais, encontra-se uma seção com algumas indicações em como adequar os materiais didáticos ao ensino do deficiente visual.

Com o desenvolvimento dos recursos didáticos especiais para serem utilizados e testados com deficientes visuais no IBC, não só os artefatos manipulativos foram adaptados, mas também as atividades relacionadas com cada recurso foram transcritas em Braille e também programadas em conjunto com o sistema computacional Dosvox (ver em UFRJ/DOSVOX). Esse é um programa de utilização livre e gratuita, que traduz a informação gráfica para sonora, por meio do uso de síntese de voz para reprodução dos textos. Segundo José Antônio Borges, um dos criadores desse programa, o sistema foi criado no Núcleo de Computação Eletrônica da UFRJ, com o objetivo de:

auxiliar os deficientes visuais a usar o computador, executando tarefas como edição de textos (com impressão comum ou Braille) leitura/audição de textos anteriormente transcritos, utilização de ferramentas de produtividade faladas (calculadora, agenda etc.), além de diversos jogos. O sistema fala através de um sintetizador de som de baixo custo, que é acoplado a um microcomputador tipo IBM-PC. (BORGES, 2004)

Dessa forma, portanto, é que todas as atividades adaptadas aos portadores de deficiência visual, bem como os experimentos educacionais do projeto CDME, estão sendo programadas em HTML

(*HyperText Markup Language*) com auxílio do Dosvox para serem disponibilizadas na página do LEG na Internet (ver em UFF/LEG).

Cabe mencionar que as atividades didáticas relacionadas com os materiais e artefatos aplicados no IBC satisfazem os princípios educacionais apresentados nas *Adaptações Curriculares* e nos próprios *Parâmetros Curriculares Nacionais* para o ensino da Geometria para as séries dos ensinos fundamental e médio (BRASIL, 1998a, 1998b, 1999 e 2006). Como tais parâmetros preconizam que se devem adotar diversas metodologias de ensino que estimulem o raciocínio e a percepção do aluno, a intenção das atividades é guiar o aluno por meio da experimentação e de uma caminhada bem-estruturada com vistas ao desenvolvimento dos conceitos e das relações geométricas, e à construção de seu próprio conhecimento. Para tanto, recorre-se à teoria conhecida como Modelo de van Hiele do desenvolvimento do pensamento geométrico, com o qual se busca guiar o professor e o ensino através do desenvolvimento de cinco níveis cognitivos do aluno, a fim de se atingir a aprendizagem geométrica. Esses níveis podem ser atingidos pela ação do professor segundo cinco fases didáticas bem estabelecidas pela teoria de van Hiele (VAN HIELE, 1986; KALEFF, 2008).

Por outro lado, as principais fontes de referência utilizadas no presente estudo sobre a importância fundamental dos materiais didáticos concretos/computacionais para o ensino e a aprendizagem do aluno portador de deficiência visual foram os artigos publicados na página da Internet do IBC, bem como aqueles divulgados na revista *Benjamin Constant*, principalmente por Santin e Simmons (1996), Cerqueira e Ferreira (1996), Barbosa (2003) e Brandão (2009).

Todas as atividades integrantes do projeto, tanto as destinadas à sala de aula quanto aquelas ao museu interativo, são apresentadas em um *Caderno de Atividades para o Aluno*. Este é constituído por folhas de papel-cartão recobertas, em um lado, por papel sulfite, e, no outro, por papel específico para impressão em Braille. Na folha de papel sulfite, o texto da atividade é impresso em fonte ampliada e, no verso, é reproduzido em Braille. O objetivo desse caderno e dessa apresentação, com ambas as impressões, é que o aluno, tanto com baixa visão quanto o cego, realize a tarefa proposta de forma autônoma, sem a necessidade de auxílio de nenhum acompanhante vidente. No final desse caderno de atividades encontra-se um *Guia do Professor*, no qual estão descritos os objetivos que se pretende levar o aluno a atingir, a faixa etária a que as atividades se destinam, uma breve descrição dos materiais concretos utilizados e os pré-requisitos matemáticos necessários à sua realização.

Cabe, ainda, mencionar que grande parte dos cartazes de apresentação das atividades do museu interativo também já foi transcrita para Braille.

No que se segue, apresenta-se um resumo das ações realizadas com alunos do Instituto Benjamin Constant durante os anos 2009 e 2010.

As ações desenvolvidas e o IBC

Com base nos artigos da revista *Benjamin Constant* anteriormente citados, a equipe do projeto “Vendo com as Mãos” escolheu, dentre os experimentos educacionais desenvolvidos no LEG, aqueles cujos materiais manipuláveis foram julgados mais adequados para o ensino do aluno deficiente visual.

Foram escolhidos os recursos que atendem, na medida do possível, a vários alunos simultaneamente, possibilitam despertar o interesse da criança e até do jovem adolescente e

permitem-lhes, ainda, uma ampla diversidade de experiências de modelagem matemática. Além disso, considerando que os materiais didáticos desenvolvidos no LEG privilegiam a percepção visual, e, portanto, em sua maioria, os aspectos visuais já atendem às necessidades daqueles alunos com baixa visão, na escolha dos recursos foi dada prioridade aos manipulativos, que podem atender melhor aos aspectos da percepção tátil, ou seja, que são significativos para o tato e podem vir a se adequar ao aluno cego.

O projeto “Vendo com as Mãos” foi realizado no IBC, de abril de 2009 a dezembro 2010, em dois conjuntos de sessões de aplicação de duração de cerca de quatro meses cada, como se apresenta a seguir.

No início de cada conjunto anual de aplicação dos recursos didáticos, os materiais manipulativos foram apresentados pela professora coordenadora do projeto, Ana Kaleff, em uma sessão especialmente realizada, para a qual foram convidados todos os professores do IBC. As demais sessões de aplicação e de testagem dos experimentos envolvendo alunos foram ministradas pela professora do ensino básico Fernanda M. C. da Rosa, bolsista monitora do departamento de Geometria, a qual foi sempre acompanhada por, no mínimo, dois alunos licenciandos bolsistas de extensão da UFF. Estes ficaram responsáveis pela observação da aplicação, realizaram as anotações necessárias e o preenchimento de uma ficha de avaliação do experimento.

Após cada aplicação, foi realizada uma reunião de avaliação pela equipe do projeto com a coordenadora. Nesta, em face da análise dos procedimentos, das ocorrências e das observações efetuadas, decisões eram tomadas sobre as modificações necessárias, tanto em relação à metodologia de ensino empregada quanto ao material didático envolvido. A partir dessas reuniões, os bolsistas envolvidos no projeto realizavam os procedimentos de adequação e modificação necessários do material manipulativo, da redação das atividades, da escrita em Braille e de adaptação para o Dosvox.

Os dados gerais sobre as sessões de testagem dos experimentos durante 2009 são os seguintes: foram realizadas sete sessões de aplicação dos materiais, perfazendo a carga horária total de 20 horas. Participaram das atividades seis alunos cegos e nove com baixa visão, os quais pertenciam a uma turma do 3^o ano e a duas turmas do 4^o ano do ensino fundamental. Dos professores participantes, seis eram videntes, três cegos e um com baixa visão.

No ano 2009, os professores do IBC Paula Marcia Barbosa – na época, coordenadora da primeira etapa do ensino fundamental – e Heitor Barbosa Lima de Oliveira, ambos videntes, participaram de todas as atividades. Um aluno cego e dois com baixa visão, todos cursando o 4^o ano, também estiveram presentes em todas as sessões.

No ano 2010, foram realizadas nove sessões de aplicação dos materiais, com duração de cerca de duas horas e meia cada, perfazendo uma carga horária total de 24 horas, tendo tido a participação de nove alunos cegos e 16 com baixa visão. Dos professores participantes, 10 eram videntes e três, cegos. Foram atendidas quatro turmas, sendo três do 5^o ano e uma do Programa Diferenciado (PD), que corresponde a uma turma de Educação de Jovens e Adultos (EJA) da escola regular (alunos da etapa de 8^o e 9^o anos do ensino fundamental). No total, foram cinco sessões para os alunos de PD e quatro para os do 5^o ano. Cabe notar que três alunos cegos do 5^o ano, mais dois cegos e três com baixa visão da turma PD participaram de todas as atividades nas referidas turmas, bem como a professora de Matemática Tânia Maria Moratelli Pinho (vidente) participou nas da turma de PD.

Os materiais didáticos aplicados envolveram os seguintes temas: jogos de frações; tangrans geométricos especiais e áreas; jogos artísticos geométricos com lagartos (para o ensino de polígonos equivalentes e isometrias); pranchas modeladoras de polígonos equivalentes e suas áreas; Tangrans Pitagóricos e malhas (para o ensino de polígonos equivalentes); reconhecimento de padrões numéricos por meio do *ticômetro*; reconhecimento de polígonos, planificações e poliedros de Platão; modelos esqueletos de arestas para o reconhecimento de poliedros duais; jogo do cubo-soma e o cálculo de volumes de poliedros.

Cabe lembrar que, nas duas sessões com os professores do IBC, no início das aplicações anuais, as sugestões de modificação e de mais adaptações dos materiais foram analisadas e, na medida do possível, acatadas. Cabe adiantar que, como decorrência, uma das providências tomadas foi a da construção de um conjunto de 17 tabuleiros diferenciados com formas vazadas para acompanharem as atividades referentes às frações e a cada um dos jogos quebra-cabeças (artísticos, geométricos especiais e pitagóricos, como podem ser vistos na Figura 1). Os professores alegaram a necessidade de ter um material mais adequado para um melhor posicionamento das peças dos jogos, devido ao fato de o deficiente visual necessitar ter o espaço de trabalho limitado para a realização das atividades.

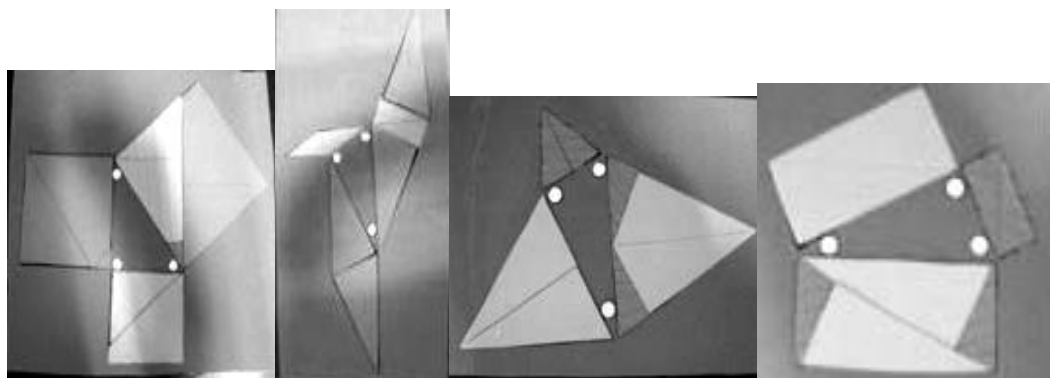


Figura 1. Tabuleiros e tangrans pitagóricos. Acervo do LEG.

Por outro lado, em maio de 2010 ocorreu a V Semana Matemática do IME-UFF, na qual foi montada uma grande mostra do museu interativo (KALEFF, 2010b). Essa mostra foi visitada por um grupo de 14 alunos do IBC, acompanhados por dois professores videntes, como pode ser visto em um vídeo exposto na Internet (UFF/NUCS-LEG, jun. 2010). Dos alunos visitantes do Instituto, 10 eram cegos e quatro com baixa visão; todos eram do Programa Diferenciado (PD). Como será mostrado mais adiante, as observações desses alunos também foram consideradas e renderam mudanças em alguns dos recursos didáticos.

Dois exemplos da aplicação e da testagem dos materiais didáticos do LEG no IBC

A seguir, apresentam-se dois exemplos da aplicação e testagem das atividades *Reconhecendo os Padrões Numéricos com o Ticômetro* e *Tangrans Pitagóricos e Malhas*.

Para a realização da atividade *com o ticômetro*, foram utilizados dois aparelhos de medida de comprimento desenvolvidos no LEG. O primeiro, denominado *ticômetro*, como pode ser visto na

Figura 2a, foi construído com sucata de bicicleta, tendo uma haste de sustentação como suporte para uma roda presa por quatro raios. Na haste, foi adaptado um esbarro em relevo que toca cada raio ao se movimentar a roda, produzindo o som de um *tic*.

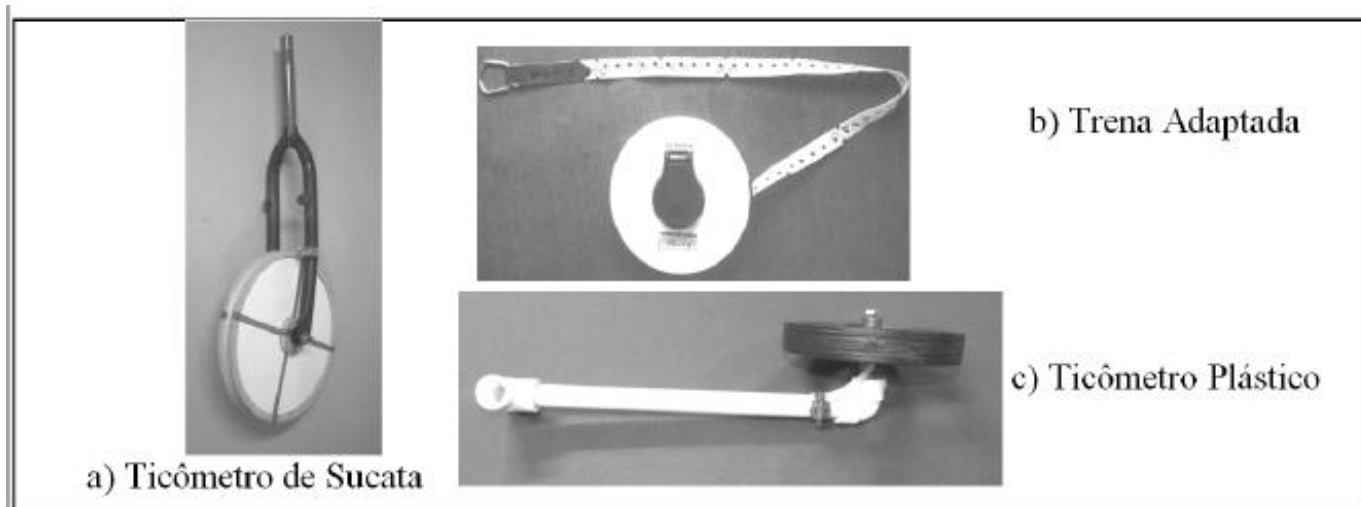


Figura 2. Aparelhos de medida de comprimento. Acervo do LEG.

Cabe lembrar que esse aparelho ticômetro se baseia no mesmo princípio do *tacômetro* ou *taquímetro*, geralmente utilizado para medir distâncias e velocidades mostradas nos velocímetros de veículos.

O outro aparelho utilizado na primeira atividade é uma *trena adaptada*, como apresentado na Figura 2b. Ela foi obtida a partir de uma trena comum, na qual foram feitas adaptações, seguindo-se o padrão das texturas e dos relevos de uma fita métrica para deficiente visual, encontrada no comércio, que já era utilizada pelos alunos no IBC.

A atividade tem como objetivo medir distâncias utilizando o ticômetro e o som de um *tic*, o qual é tomado como uma unidade de medida da distância percorrida por uma parte da roda para completar uma volta. No ticômetro utilizado no IBC, um *tic* corresponde à quarta parte da distância percorrida em uma volta pela roda, pois esta tem quatro raios que, ao esbarrarem na haste de sustentação do aparelho, produzem o som. A trena adaptada permite ao aluno confirmar as medidas obtidas.

A atividade tem quatro etapas de aplicação, as quais se pretende que sejam realizadas individualmente ou em grupos de dois alunos. A primeira etapa é de apresentação e reconhecimento do material. Na segunda, os alunos devem utilizar o ticômetro e, contando o número de *tics*, medir uma distância determinada pelo professor aplicador da atividade. Na terceira etapa, os estudantes devem medir a mesma distância com a trena adaptada. Por último, são comparadas as medidas encontradas com ambos os aparelhos, considerando-se sempre as médias aritméticas dos valores encontrados, e, finalmente, então, os alunos são desafiados a descobrir quanto mede um *tic*, em metros.

No IBC, a atividade foi realizada individualmente pelos alunos e teve duração de duas horas. Foi aplicada a sete alunos (cinco cegos e dois com baixa visão) do 4^o ano, com idades entre 10 e 11

anos, tendo sido acompanhada por três professores videntes do IBC e, ainda, por três aplicadores da equipe da UFF.

Diante do material, a primeira reação dos alunos foi de estranhamento, apresentado na forma de um questionamento: *“Tia, qual é o nome disso?”*, *“Para que serve?”*, *“A gente vai estudar matemática com isso?”*.

Na primeira etapa de reconhecimento, todos estavam muito curiosos e queriam manipular o ticômetro ao mesmo tempo, por isso, cada aluno foi levado a realizar sua medição em momentos diferentes e com bastante calma. Cabe ressaltar que, nesse início, os alunos ficaram impacientes e um pouco agitados, pois não se tinha disponível um aparelho para cada aluno ou dupla, pois eram dois ticômetros para serem usados individualmente.

A partir da segunda etapa e considerando que a utilização da audição, como o sentido que conduz à contagem do som emitido pelo aparelho, necessita de silêncio para se ouvir melhor cada emissão do som de um *tic*, a concentração dos alunos também foi intensa, fato que, aparentemente, facilitou a realização dessa etapa da tarefa.

Na terceira etapa, foi pedido a toda a turma que medisse novamente o comprimento do percurso feito com o ticômetro, só que agora com a trena adaptada.

Um fato ocorrido foi muito curioso e motivador do interesse dos alunos: na realização da etapa final, um estudante teve a curiosidade de medir o comprimento da roda e então dividiu essa medida por quatro (alegando que, na roda, havia quatro raios divisórios) para achar o tamanho em centímetros correspondente à medida de um *tic*. A partir daí, foi proposto a esse aluno e a toda a turma que descobrissem o comprimento do trecho entre dois sons consecutivos sem fazer uso do ticômetro, ou seja, apenas com a medida encontrada na trena e a média aritmética obtida da quantidade de *tics* que cada um ouvira.

Como haviam sido encontrados uma média de 24 *tics* e um comprimento do percurso de 6,15 m na medida com a trena, um aluno cego argumentou: *“Professora, e se eu pensar que tenho 615 centímetros, a conta não fica mais fácil?”*. Em seguida, a turma foi questionada sobre qual ou quais operações deveriam ser realizadas para se obter a medida de um intervalo entre dois *tics*. Esse mesmo aluno cego disse, tirando o ábaco *soroban* do bolso: *“Eu posso fazer 615 dividido por 24! ‘Pera’ aí, que eu vou pegar meu soroban!”*. Diante dessa proposta, outro aluno, que tem baixa visão, replicou, dizendo: *“Tia, não vale usar calculadora!”*. Após alguns segundos, ele mesmo completou, dizendo: *“Dá 25 de quociente e 15 de resto!”*.

Como esperado, esse aluno, bem como a maior parte dos demais, percebeu que o resultado calculado no *soroban* era igual ao da medida encontrada anteriormente, em centímetros, do trecho entre dois sons consecutivos. Após essa conclusão, foi apresentado a esses alunos o número B (π), com valor aproximado de 3,14, e solicitado que medissem o comprimento do raio da roda e multiplicassem essa medida por duas vezes o valor de B (ou 6,28). Com o resultado desse cálculo, os alunos perceberam que o valor encontrado era muito próximo ao do comprimento da roda medido por meio da trena adaptada.

Cabe ressaltar que a participação dos professores na atividade também foi intensa e muito importante para o processo de descoberta dos valores desenvolvido pelos estudantes, pois os docentes também fizeram suas medições, assim como seus alunos, com os quais interagiram

bastante. Dessa interação foi percebido que os alunos aceitaram o resultado final da atividade não como um conhecimento trazido pronto e transmitido pelo professor, mas o vivenciaram como um processo coletivo de educação colaborativa, que foi construído em conjunto, tanto por eles quanto por seus mestres.

Essa sessão de aplicação foi, sem dúvida, a mais dinâmica de todas as realizadas no IBC, o que se atribui tanto à intensa participação dos professores no processo de aprendizagem como ao fato de os alunos não ficarem restritos a uma mesa de apoio do material para a realização das tarefas, podendo circular livremente no ambiente da sala de aula.

Essa aplicação aconteceu em 2009 e, apesar da boa aceitação do ticômetro de sucata, foi observado que os alunos menores tiveram dificuldades em seu manuseio devido ao peso do aparelho. Como decorrência, foi criado outro tipo de ticômetro, muito mais leve e portátil. Esse novo aparelho, denominado *ticômetro plástico*, é mostrado na Figura 2c. Ele é composto por uma roda plástica com seis raios e vários elementos obtidos de material plástico hidráulico da construção civil: um pedaço de cano, um “joelho” e uma terminação em “T”. A roda é conectada ao “joelho” por um parafuso de grande porte, com diâmetro compatível com a espessura do cano e fixado por duas porcas de metal.

Um pedaço de fita plástica rígida (com pouca elasticidade) é preso por uma braçadeira metálica ao cano e serve de esbarro aos aros da roda quando esta se movimentar. Esse esbarro é que produz o som do *tic*.

Esse novo aparelho foi testado pelos alunos do IBC que visitaram a mostra de museu interativo apresentada durante a V Semana da Matemática. Nessa testagem, os estudantes aprovaram a leveza do novo aparelho, mas sugeriram que fosse usada uma roda de aro maior e com número menor de raios. Essa reação foi a mesma apresentada por outros jovens videntes visitantes da mostra do museu no IME-UFF. Aparentemente, os adolescentes não se contentam em empurrar o aparelho com movimentos lentos, o que é necessário para a boa percepção e contagem do *tics*. Novas rodas estão sendo providenciadas para serem testadas.

Por sua vez, já na outra atividade, *Tangrams Pitagóricos e Malhas*, foram utilizados quatro tabuleiros planos de encaixe com formas vazadas diferentes e quatro jogos do tipo quebra-cabeças desenvolvidos e adaptados a partir dos apresentados por Kaleff (2008). Esses recursos têm por objetivo representar geometricamente as relações entre as medidas de áreas dos polígonos descritas pelo Teorema de Pitágoras em sua forma mais conhecida, com quadrados, e em suas variações com triângulos, retângulos e paralelogramos.

As peças dos tangrams pitagóricos, como podem ser vistas na Figura 1, foram confeccionadas com material emborrachado, do tipo E.V.A., de três cores diferentes, e estas foram adaptadas por meio de duas texturas (lisa e hachurada) e pela colocação de tachas incrustadas no emborrachado, o que permite a percepção tátil diferenciada de cada cor. Os tabuleiros planos de encaixe são confeccionados com o mesmo tipo de emborrachado das peças (de 1 cm de espessura), nos quais são vazados, em baixo-relevo, formas poligonais nas quais as peças devem ser posicionadas.

Na testagem no IBC, também foram testados três diferentes modelos de malhas desenvolvidos no LEG. Essas malhas, com redes quadriculadas, são confeccionadas com materiais de baixo custo, ou seja, um tabuleiro de papelão rígido recoberto por uma rede de fio de linha bem grosso de algodão, ou por uma rede de material plástico antiderrapante, geralmente usado na parte inferior de

tapetes, ou ainda confeccionada com uma tela plástica, utilizada na construção civil, revestida por uma tinta isolante. Outro tipo de tabuleiro é feito com uma chapa de madeira na qual é recortada uma malha quadriculada em baixo-relevo. Foram ainda apresentadas duas outras malhas obtidas de um tapete plástico com ventosas e usado em banheiros, e outra obtida de emborrachado usado como isolante para proteção de pia de cozinha. Cabe lembrar que essas malhas já haviam sido apresentadas aos visitantes do museu interativo, e, dentre o conjunto delas, os quatro primeiros tabuleiros foram os mais aceitos pelos deficientes visuais. Daí sua escolha para testagem no IBC.

Essa atividade com malhas tem como objetivo levar o aluno a conhecer o Teorema de Pitágoras e sua generalização para outros polígonos além do quadrado, por meio da descoberta da relação algébrica entre as áreas dos polígonos semelhantes envolvidos nesse teorema. Tudo isso se dá a partir dos quatro quebra-cabeças e do cálculo das áreas das formas poligonais, utilizando as medidas observadas nas diversas malhas.

A atividade tem três etapas de aplicação, as quais se pretende que sejam realizadas individualmente ou em grupos de dois alunos. A primeira etapa é de apresentação e reconhecimento do material. Na segunda etapa, é pedido ao aluno para montar os quebra-cabeças, sempre sendo lembrados de que as peças devem ser introduzidas na forma vazada do tabuleiro, a qual apresenta borda de mesma textura da peça; por exemplo, as peças de textura hachurada devem ser introduzidas naquela cuja borda tem essa textura. Com o posicionamento do restante das peças, o aluno é levado a perceber que a composição das peças colocadas na forma poligonal pequena e na média é igual à colocada na forma poligonal maior. Na terceira etapa, pede-se para o aluno, por meio do teste da malha sobre a qual o tabuleiro é colocado, realizar o cálculo da área de cada forma poligonal envolvida no quebra-cabeça.

No IBC, a atividade foi realizada individualmente pelos alunos e teve duração de duas horas. Foi aplicada a oito alunos (cinco cegos e três com baixa visão) da turma de PD, com idades entre 20 e 24 anos, tendo sido acompanhada pela professora de Matemática da referida turma (vidente) e ainda por quatro aplicadores da equipe da UFF. Na ocasião, um aluno com baixa visão, de 10 anos e do 3º ano do ensino fundamental, pediu aos aplicadores para participar da atividade.

Na primeira etapa de reconhecimento, todos estavam muito curiosos e atentos e já foram identificando as formas poligonais presentes nas peças dos jogos e nas partes vazadas dos tabuleiros. Nesse início, os alunos tentaram identificar o tema matemático a ser modelado pelo material, mesmo antes de ele ser anunciado, pois a turma, na semana da aplicação, estava estudando, na sala de aula do IBC, alguns tópicos relacionados com o material apresentado (raiz quadrada, semelhança de polígonos e áreas).

Na segunda etapa, montaram os quebra-cabeças, apresentando um pouco de dificuldade no início. No entanto, após algumas explicações sobre a maneira como deveriam posicionar as peças nos espaços vazados do tabuleiro, todos os alunos montaram os quatro quebra-cabeças com desenvoltura. Na terceira etapa, manusearam todas as malhas e, dentre elas, escolheram as em que eles perceberam melhor as quadrículas. Colocando as malhas sob o tabuleiro com o quebra-cabeça, contaram os quadradinhos para fazer o cálculo das áreas das formas poligonais.

Um fato ocorrido ao qual cabe menção foi a relação numérica estabelecida por uma aluna cega entre as medidas das áreas e a dos lados dos polígonos através da extração da raiz quadrada, tópico que os alunos estavam estudando nas aulas do IBC, na semana da realização desse experimento.

Cabe também ressaltar que o aluno do 3º ano do ensino fundamental presente na aplicação dessa atividade conseguiu acompanhar os procedimentos junto com os alunos mais velhos da turma PD, alegando ter gostado muito, e se interessou em participar de outras atividades realizadas posteriormente envolvendo os experimentos do LEG.

Essa aplicação se deu em 2010 e foi muito enriquecedora, pois os alunos alegaram que realmente, haviam compreendido as relações algébricas envolvidas nos recursos modeladores. Em aula posterior à aplicação aqui relatada, a professora de Matemática da turma revisou e se aprofundou um pouco mais no tópico Teorema de Pitágoras, aparentemente com mais facilidade.

Da mesma forma que os alunos visitantes do museu, as malhas quadriculadas mais aceitas no IBC foram a elaborada com fio de linha e a com material antiderrapante. A de menor aceitação foi justamente a malha de maior preço de custo, ou seja, a do tabuleiro de madeira com recortes em baixo-relevo. Dessa forma, mais uma vez ficou aparente o que tem sido constantemente observado no LEG: que materiais de alto custo nem sempre apresentam o melhor resultado e levam ao sucesso, quando se trata de recursos didáticos mais adequados às necessidades dos alunos.

Concluindo...

Tudo indica que as atividades do LEG, em sua inter-relação por meio da aplicação e da testagem no IBC, foram bem-sucedidas. Dessa forma, toda a experiência advinda dessa vivência poderá servir de base para a criação de novos recursos didáticos com vistas à educação inclusiva do deficiente visual, pois, como disse um dos alunos sobre as atividades, em sua visita ao museu:

[...com elas e no museu] todas as crianças podem trabalhar. Podem exercer atividades matemáticas e geométricas também e é uma fonte para os professores das escolas. Principalmente, lá do instituto, tia Tânia e tia Regina, que vão poder trabalhar com a gente lá, as teorias geométricas e matemáticas com esses materiais. (UFF/NUCS-LEG)

Em dezembro de 2010, encerramos as atividades do LEG no IBC, deixando os nossos melhores agradecimentos a todos os que colaboraram nas ações, e entregamos uma pequena contribuição, na forma de um conjunto dos recursos didáticos aplicados durante esses dois anos, para que possam vir a servir como o início do acervo para um museu interativo na instituição.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, P. M. O estudo da geometria. **Benjamin Constant**, Rio de Janeiro, n. 25, ago. 2003. Disponível em: <<http://www.ibc.gov.br/?catid=4&itemid=67>>. Acesso em: 15 mar. 2011.

BORGES, A. J. **Dosvox – um novo acesso dos cegos à cultura e ao trabalho**. Rio de Janeiro: Instituto Benjamin Constant, 2004. Disponível em: <<http://www.ibc.gov.br/index.php?itemid=100#more>>. Acesso em: 15 mar. 2011.

BRANDÃO, J. C. A matemática por trás da orientação e mobilidade. **Benjamin Constant**, Rio de Janeiro, n. 42, p. 3-8, abr. 2009. Disponível em: <<http://www.ibc.gov.br/?catid=4&itemid=10189>>. Acesso em: 15 mar. 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio**. Brasília: MEC/SEF, 2006. v. 2.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais. Adaptações curriculares. Secretaria de Educação Especial**. Brasília: MEC/SEF, 1998a. Disponível em: <<http://www.conteudoescola.com.br/pcn-esp.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2011.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: matemática (5^a à 8^a séries)**. Brasília: MEC/SEF, 1998b.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. **Parâmetros curriculares nacionais – ensino médio**. Brasília: MEC/SEF, 1999.

_____. MEC. **Portal do Professor**. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/recursos.html>>. Acesso em: 20 mar. 2011.

CERQUEIRA, J. B.; FERREIRA, E. M. B. Os recursos didáticos na educação especial. **Benjamin Constant**. Rio de Janeiro, n. 5, p. 11-16, jan. 1996. Disponível em: <<http://www.ibc.gov.br/index.php?itemid=102#more>>. Acesso em: 15 mar. 2011.

GROTHMANN, R. **Z.U.L. – Zirkel und Lineal**. 2006. Disponível em: <<http://www.rene-grothmann.de>>. Acesso em: 20 mar. 2011.

HOHENWARTER, M. **Geogebra**. 2001. Disponível em: <<http://www.geogebra.org/cms/>>. Acesso em: 20 de mar. 2011.

KALEFF, A. M. M. R. Do fazer concreto ao desenho em geometria: ações e atividades desenvolvidas no laboratório de ensino de geometria da Universidade Federal Fluminense. In: LORENZATO, S. (Org.). **O laboratório de ensino de matemática na formação de professores**. 3. ed. Campinas: Autores Associados, 2010a. p. 113-134.

_____. O museu interativo de matemática como uma ferramenta para a democratização da matemática com vistas à educação inclusiva. **Educação Matemática em Revista**, Rio Grande do Sul: SBEM, ano 11, n. 11, v. 1-2, p. 83-91, 2010b.

_____. **Tópicos em ensino de geometria: a sala de aula frente ao laboratório de ensino e à história da geometria**. Rio de Janeiro: UFF/Cederj/UAB, 2008.

REVISTA BENJAMIN CONSTANT. Rio de Janeiro: Instituto Benjamin Constant. Disponível em: <<http://www.ibc.go.br/index.php?catid=97&blogid=1&itemid=92>>. Acesso em: 20 mar. 2011.

SANTIN, S.; SIMMONS, J. Problemas das crianças portadoras de deficiência visual congênita na construção da realidade. **Benjamin Constant**. Tradução Ilza Viega. Rio de Janeiro, n. 2, p. 7-11, jan. 1996. Disponível em: <<http://www.ibc.gov.br/?catid=4&itemid=43>>. Acesso em: 15 mar. 2011.

UFF/CDME. **Experimentos educacionais do Projeto CDME**. Disponível em: <<http://www.uff.br/cdme/#experimentos>>. Acesso em: 20 mar. 2011.

UFF/LEG – Laboratório de Ensino de Geometria. Disponível em: <www.uff.br/leg>. Acesso em: 20 mar. 2011.

UFF/NUCS–LEG. UFF – NUCS – Museu Interativo. jun. 2010. Disponível em: <<http://www.uff.br/nucsimagem/>>. Acesso em: 22 mar. 2011.

UFRJ/Dosvox. **Portal do Dosvox**. Disponível em: <www.intervox.nce.ufrj.br/dosvox>. Acesso em: 20 mar. 2011.

VAN HIELE, P. M. **Structure and insight**: a theory of mathematics education. Orlando: Academic Press, 1986.

Ana Maria M. R. Kaleff é doutora em Educação, mestre em Matemática, professora do Departamento de Geometria, coordenadora do Laboratório de Ensino de Geometria – LEG/UFF, coordenadora de Projetos de Extensão do LEG/UFF e coordenadora de Projeto de Monitoria para a Melhoria da Docência Visando à Educação Inclusiva. *E-mail*: anakaleff@gmail.com

Fernanda Malinosky C. da Rosa é especialista em Deficiência Visual, licenciada em Matemática, bolsista do LEG/UFF e do Núcleo de Educação Assistida por Meios Interativos – NEAMI/UFF e professora do Ensino Fundamental e Médio da SEE/RJ. *E-mail*: malinosky20@hotmail.com