



Universidade Federal do Rio de Janeiro

LIDIANE FIGUEIRA DA SILVA VERÍSSIMO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**GEOMETRIX: ENSINANDO CONCEITOS
GEOMÉTRICOS A DEFICIENTES VISUAIS.**



RIO DE JANEIRO

2011



LIDIANE FIGUEIRA DA SILVA VERÍSSIMO

**GEOMETRIX: ENSINANDO CONCEITOS
GEOMÉTRICOS A DEFICIENTES VISUAIS.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisitos parcial à obtenção do título de Mestre em Informática

Orientador: Ph.D. Josefino Cabral Melo Lima

RIO DE JANEIRO

2011

V517 Veríssimo, Lidianne Figueira da Silva

Geometrix: ensinando conceitos geométricos a deficientes visuais. /
Lidianne Figueira da Silva Verrísimo. – 2011.
172 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Rio
de Janeiro, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti, Programa de
Pós-Graduação em Informática.

Orientador: Josefino Cabral Melo Lima

1. Geometrix. r. Ensino de Conceitos Geométricos. 2t. Ensino de
Especiais. 3. Ensino de Deficientes Visuais -Teses. I. Lima, Josefino
Cabral Melo (Orient.). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti, Programa de Pós-
Graduação em Informática. III. Título.

CDD

LIDIANE FIGUEIRA DA SILVA VERÍSSIMO

**GEOMETRIX: ENSINANDO CONCEITOS GEOMÉTRICOS A
DEFICIENTES VISUAIS.**

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Informática, do Instituto de Matemática, Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Informática.

Aprovada em: Rio de Janeiro, 20 de Dezembro de 2011.

Prof^o Josefino Cabral Melo Lima – Ph.D. – IM/PPGI/UFRJ
(Orientador)

Prof^o José Antônio dos Santos Borges – D. Sc.– iNCE/UFRJ

Prof^a Claudia Segadas Vianna - D.Sc. – IM/UFRJ

Prof^o Luís Alfredo Vidal de Carvalho - D.Sc. – PESC/COPPE/UFRJ

Prof^o Adriano Joaquim de Oliveira Cruz – Ph. D. – IM/PPGI/UFRJ

Prof^o Antonio Carlos Gay Thomé – Ph. D. – IM/PPGI/UFRJ

Dedico esse trabalho à MAIOR mãe do mundo, a meu amor aos meus alunos, a todas as pessoas queridas da minha vida que contribuíram para o que eu sou hoje e os meus mestres com carinho.

Agradecimento

Inúmeras são as pessoas envolvidas na realização deste trabalho, palavras de gratidão não existem para expressar a importância delas na minha vida e na concretização desta dissertação.

Então, quero iniciar meus agradecimentos aos meus mestres com carinho. Primeiro ao professor José Antonio BORGES por ter me inspirado na criação desse projeto, e ter me proporcionado essa experiência única e que influenciou na minha vida pessoal, social, educacional e profissional. Hoje posso afirmar que sou uma pessoa melhor, pois a medida que convivo com ele, certifico-me que estou no caminho certo, e desejo que essa parceria se prolongue por muito tempo.

Segundo ao meu orientador Cabral LIMA, não somente pela orientação profissional e educacional, mas pela oportunidade de compartilhar comigo suas experiências de vida que enriqueceram profundamente minha vida e levarei por toda ela.

Aos professores de matemática Paula Barbosa, Tânia Moratelli e Heverton, do Instituto Benjamim Constant do Rio de Janeiro, pelo apoio, pelas inúmeras conversas e por estarem sempre prontas a me auxiliarem no que era preciso.

Aos colegas e amigos Beatriz Mazzillo, Neno Albernaz e Tiago Borges do CAEC (Centro de Apoio Educacional ao Cego) da UFRJ, pelas contribuições técnicas, apoio e orientação sobre os diversos temas discutidos.

À Escola Vitoria e aos professores Maria Luiza, Noemi e João que me apoiaram incondicionalmente.

Aos alunos do IBC que me receberam de forma tão carinhosa.

Ao secretário do PPGI/UFRJ Anibal pelo seu apoio e esclarecimentos principalmente na reta final da pesquisa.

Aos meus queridos alunos, fonte de inspiração e que sempre me impulsionam para novas descobertas.

Aos meus amigos de mestrado como Marcio Reis, Marcio Castro, Alexandre Louzada, Angela, Luiz Dias, entre outros, que não só me apoiaram mais me ajudaram diversas vezes na solução de problemas.

Aos estagiários do Pedro II na pessoa do aluno Filippo Dias.

Aos professores do PPGI e em especial aos prof^o Marcos Elia e Carlo Emanuel Tolla, pela orientação e ajuda.

Ao meu amigo, querido, meu irmão Thiago Angola pela sua companhia, apoio nas horas mais importantes da minha vida.

Aos meus amigos peças-chaves da minha vida que compreenderam a minha ausência em diversos eventos importantes.

Agradeço à minha linda família que me ensinou os valores que vivo hoje.

Um agradecimento especial a uma pessoa que entrou na minha vida para me ajudar e me fazer feliz pelo resto dela, Luiz Fernando Veríssimo. Finalmente, e principalmente, a Deus, o responsável por tudo e que contribui para eu ser o que sou, feliz.

Agradecimento especial

Gostaríamos de agradecer especialmente ao professor José Antonio Borges, por ser o principal mentor do tema dessa dissertação. Lamentavelmente o professor Antonio Borges não pode participar oficialmente da orientação, mas em conjunto com o professor Cabral Lima, gostaríamos de registrar esse agradecimento especial.

Resumo

VERÍSSIMO, Lidiane Figueira da Silva. **Geometrix**: ensinando conceitos geométricos a deficientes visuais. 2011. 177f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Programa de Pós-Graduação em Informática, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

O estudo de geometria para pessoas com deficiência visual é muito importante porque melhora o desenvolvimento do raciocínio matemático e da percepção espacial e, desta forma, ajuda na interpretação do mundo e de seus objetos. No entanto, ao estudar essa disciplina, os deficientes visuais estão numa situação de desvantagem devido à carência de métodos e tecnologias apropriados de ensino que poderiam permitir um aprendizado autônomo e significativo. Portanto, com um entendimento pobre em geometria, eles não serão capazes de interpretar em profundidade as relações entre os espaços e os objetos físicos, o que ocasionará severas lacunas na construção do conhecimento. Esta pesquisa foi desenvolvida para ajudar pessoas cegas no estudo da geometria. Geometrix – uma ferramenta que explora conceitos básicos de geometria num contexto educacional, juntando o mundo físico com o mundo computacional através de uma webcam. No final dessa dissertação os recursos utilizados para o desenvolvimento dessa ferramenta são apresentados, com um foco especial nas fases de implementação e resultados obtidos.

Palavras Chaves: Geometria, simulação computacional, estudante cegos

Abstract

VERÍSSIMO, Lidiane Figueira da Silva. **Geometrix**: ensinando conceitos geométricos a deficientes visuais. 2011. 177f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Programa de Pós-Graduação em Informática, Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacitti, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

The study of geometry for visually impaired people is very important because it improves the development of mathematical reasoning and spatial perception and thus helps in the interpretation of the world and its objects. When studying this discipline, however, those students are in a big disadvantage, due to the lack of appropriate teaching methods and technologies that could provide a meaningful and autonomous learning. Therefore, with a poor understanding of geometry, they will not be able to interpret in depth the relationships between physical objects and places, which will provoke severe gaps in their construction of knowledge. This research was developed in order help blind people to study geometry. A tool for exploring basic geometrical concepts in educational context - Geometrix - is proposed, mixing physical touch with computational simulation through a webcam. At the end of this dissertation the resources used for developing this tool are discussed, with a special focus in the stages of implementation and obtained results.

Keywords: geometry, computational simulation, blind students

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tabela de Snellen para diagnosticar a acuidade visual	28
Figura 2 - Máquina de Saunderson (Fonte: Diderot, 2006)	31
Figura 3 - Escrita Braille. Fonte, IBC, 2010.	33
Figura 4 – Cella Braille	33
Figura 5 - Braille distribuído por séries. Fonte: Revista Benjamin Constant, 2009...	34
Figura 6 - ciclo “descrição-execução-reflexão-depuração-descrição” – Fonte: Parpet, 1986	52
Figura 7 - Tabuleiro – lidipad.....	54
Figura 8 - Tela de instruções do Geometrix	56
Figura 9 - Estrutura da metodologia do Geometrix.....	56
Figura 10 - Tela de <i>feedback</i> para o aluno vidente	58
Figura 11 - Triângulo retângulo elaborado pelo aluno.....	60
Figura 12 - Triângulo Retângulo	61
Figura 13 - Triângulo retângulo com sinalização para o erro.	62
Figura 14 - Recursos usando para o funcionamento do Geometrix	65
Figura 15 - WEBCAM usada no processo de aplicação do <i>software</i> Geometrix.....	66
Figura 16 - Suporte de microfone usado para fixar	66
Figura 17 - Lidipad com as marcações feitas com alfinetes	67
Figura 18 - Clico de criação do Software Geometrix	67
Figura 19 - Arquitetura lógica do Geometrix.....	70
Figura 20 - Mapeamento de pontos da projeção sobre coordenadas canônicas.	72
Figura 21 - Mapeamento de pontos nas projeções bilinear e perspectiva.	72
Figura 22 - Janela para calibrar a câmera.....	75
Figura 23 - Triângulo retângulo executado por usuário.....	77
Figura 24 - Código que representa a classe da fase 5 - Criação de um triângulo.....	78
Figura 25 – Esquematização da pesquisa	80
Figura 26 – Descrição do estudo piloto exploratório	81
Figura 27 - Tela introdutória do Geometrix.....	82
Figura 28 - Exercícios - Nível Fácil.....	83
Figura 29 - Exercícios - Nível Médio	83
Figura 30 - Perfil das amostras	89

Figura 31 - Biblioteca da escola dos alunos videntes.....	91
Figura 32 - Sala de aula cedida para o experimento - IBC.....	92
Figura 33 - Tela de opções - Geometrix 1.1	131
Figura 34 - Tela introdutória do Geometrix.....	133

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Objetos no formato geométrico usados na fase de estimulação precoce.	41
Quadro 2 - Objetos geométricos usados na fase pré - escolar.	42
Quadro 3 - Materiais manipuláveis usados nas aulas de matemática e geometria - ensino fundamental (Fonte: IBC, 2011).....	44

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Categorias da classificação da deficiência. Fonte: CBO, 2009	27
Tabela 2 - Recursos Didáticos no ensino da matemática	39
Tabela 3 - Fases do nível fácil do Geometrix	57
Tabela 4 – Distribuição dos AV por dia	91
Tabela 5 - Distribuição dos ADV por dia	92
Tabela 6 - Desempenho dos Alunos Videntes (AV)	99
Tabela 7 - Desempenho dos Alunos Deficientes Visuais (ADV)	99

LISTA DE SIGLAS

AMO - Associação de Assistência em Oncopediatria

APEC - Associação Promotora do Ensino dos Cegos

CAEC - Centro de Apoio Educacional ao Cego

CBO - Conselho Brasileiro de Oftalmologia

CNE - Conselho Nacional de Educação

CNESP - Centro Nacional de Educação Especial

CORDE - Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência

DV - Deficientes Visuais

E.V.A - Etil, Vinil e Acetato

FAETEC – Fundação de Apoio à Escola Técnica do Rio de Janeiro

IBC – Instituto Benjamin Constant

LDB - Lei de Diretrizes e Base

MEC - Ministério da Educação

NCE - Núcleo de Computação Eletrônica

NVDA - NonVisual Desktop Access - português: Acesso Não-Visual ao Ambiente de Trabalho

OMS - Organização Mundial de Saúde

PCNs - Parâmetros Curriculares Nacionais

PGTIAE - Pós-Graduação em Tecnologia da Informação Aplicada a Educação

PPGI - Programa de Pós-Graduação em Informática

TA - Tecnologia Assistiva

UFF - Universidade Federal Fluminense

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	17
1.1– Matemática e pessoas cegas: considerações iniciais.....	18
1.2 – O surgimento da tecnologia computacional aplicada a pessoas cegas no Brasil	20
1.3 - Origem do trabalho: Geometrix	21
1.4 - Hipótese da pesquisa	22
1.5 – Objetivos geral e específicos	22
1.6 - Relevância do estudo e contribuições esperadas	23
1.7 - Metodologia	24
1.8 - Estrutura da dissertação	24
CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1 - Contextualização	26
2.1.1 – Dados estatísticos sobre deficiência visual	28
2.2 - A educação e o cego	29
2.2.1 – O marco inicial da pedagogia aplicada aos deficientes visuais.....	29
2.2.2 – A Escrita Braille.....	32
2.2.3 – A educação do cego no Brasil.....	35
2.3 - O ensino da Matemática para os Cegos	37
2.3.1 – Recursos didáticos e a matemática.....	37
2.3.2 – O ensino da geometria para os cegos.....	39
2.4 – O <i>software</i> DESENVOLVOX: Bases para a criação do Geometrix.....	44
CAPÍTULO 3 - GEOMETRIX NO CONTEXTO EDUCACIONAL.....	49
3.1 – Definição de <i>software</i> educativo.....	50
3.2 – Aspectos pedagógicos do Geometrix	51
3.2.1 – Fundamentos	51
3.2.2 – Arquitetura pedagógica	53
3.2.3 – Estratégia didática.....	54
3.2.4 – Exemplo detalhado da fase 5 – Nível Fácil.....	60
CAPÍTULO 4 - DESCRIÇÃO TECNOLÓGICA DO GEOMETRIX	63
4.1 - Origem e Motivação.....	64
4.2 – Aspectos tecnológicos do Geometrix	64
4.2.1 – Materialização do Geometrix.....	65
4.3 – Arquitetura lógica do Geometrix	67
4.4 – Detalhamento da fase 5 – nível fácil.....	76

CAPÍTULO 5 - AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA GEOMETRIX E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	79
5.1 – Parte I: Esquematização da proposta.....	80
5.1.1 - Etapa 1 - Levantamento dos Requisitos.....	80
5.1.2 – Etapa 2 - Estudo Piloto Exploratório.....	81
5.1.3 – Estudo de caso	82
5.1.3.1 – Etapa 3 - Estudo de Caso 1	84
5.1.3.2 – Etapa 4 – Estudo de caso 2	85
5.1.3.3 – Instrumentos usados para a coleta de dados	85
5.2 – Parte II: Análise dos resultados.....	87
5.2.1 - Pesquisa observacional	87
5.2.2 – Estudo Piloto Exploratório	88
5.2.3 - Estudos de caso	89
5.2.3.1 - Estudo de caso 1: Nível fácil	89
5.2.3.1.1 - Análise do perfil das amostras	89
5.2.3.1.2 - Análise dos requisitos de uma ferramenta para o ensino de geometria.....	93
5.2.3.1.3 - Verificação da hipótese de pesquisa	97
5.2.3.2 - Estudo de caso 2: nível médio	101
6.1 - Contribuições da Dissertação	105
6.2 – Validação da hipótese	106
6.3 - Trabalhos futuros	108
6.4 - Considerações finais.....	108
6.5 – Um ponto de vista da autora	109
REFERÊNCIAS.....	112
ANEXOS	117
APÊNDICES	129

● Capítulo 1

INTRODUÇÃO

*"Se os meus olhos não me deixam
obter informações sobre homens e
eventos, sobre ideias e doutrinas,
terei de encontrar uma outra forma."
(Louis Braille)*

Neste capítulo é apresentada a complexa situação existente no desenvolvimento educacional das pessoas cegas na área de matemática, em geral, e, em particular, na área de geometria. Fazem parte deste capítulo os pressupostos que motivaram a construção desta pesquisa, bem como a identificação do problema, a hipótese trabalhada, o objetivo e a descrição da metodologia utilizada que deu origem à ferramenta Geometrix. Ao final, uma síntese de cada capítulo que consolida esta dissertação.

1.1– Matemática e pessoas cegas: considerações iniciais

Estudar matemática é importante para todos. A falta de base matemática é um grande entrave para qualquer pessoa se desenvolver, não apenas nas áreas relacionadas com a ciência e a tecnologia (que possuem a matemática como base propulsora para o desenvolvimento), mas também em áreas humanas nas quais, cada vez mais, estão sendo utilizados modelos matemáticos, notadamente para explicar as diversas relações entre as pessoas e o mundo.

O desenvolvimento do raciocínio matemático dos alunos é sempre um desafio para os professores e a situação é ainda pior quando pensamos nos estudantes com deficiência visual (FERRONATO, 2002): “o ensino de matemática para deficientes visuais é precário, e existe uma grande apatia em grande parte dos deficientes visuais com a matemática.” Alguns esforços têm sido feitos para trazer materialidade ao ensino da matemática (BORGES, 2001), tanto no campo pedagógico, como as muitas estratégias disseminadas pelo Projeto Fundão, na UFRJ (www.projetofundao.ufrj.br), quanto na criação de equipamentos específicos, tal como Multiplano (FERRONATO, 2002).

As causas dessas dificuldades são muitas, incluindo, notadamente:

- a) As expressões matemáticas que são dispostas numa estrutura não linear (índices, frações, letras grandes e pequenas), e mesmo as mais simples, oferecem grande dificuldade para leitura em voz. Exemplo, a expressão:

$$\frac{1+3}{2+5}$$

$$2+5$$

Parece trivial: “um mais três dividido por dois mais cinco”. Mas não é bem assim. Introduzindo-se vírgulas na fala, dependendo de onde as mesmas serão colocadas, o resultado mudará: “um mais, três dividido por dois, mais 5”. Isso é outra coisa:

$$1 + 3/2 + 5$$

- b) A representação, visualização e cálculos matemáticos requerem uma escrita não linear, que o sistema Braille não possui; consequentemente, a compreensão desses conceitos fica difícil para o aluno deficiente, pois atualmente não existe nenhum mecanismo que consiga representar de forma fiel essas estruturas matemáticas.
- c) A escrita Braille não permite a correção de erros com tanta facilidade como na escrita cursiva, pois o processo requer do aluno que este realize a representação mental de um dado conceito antes mesmo de iniciar a escrita. Caso isso não seja feito, deverá refazer toda a escrita.
- d) Há poucas ferramentas para dar apoio ao ensino de matemática para deficientes visuais, e as poucas existentes não são de fácil acesso no Brasil.
- e) A quase totalidade dos professores recebe pouca orientação acadêmica sobre como selecionar e aplicar metodologias específicas que sejam direcionadas ao público com deficiência.

Segundo (ROUZIER e SEGOVIA, 2004), a geometria é um campo especialmente difícil na matemática quando se trata do ensino de deficientes visuais. Apesar dessa dificuldade, a geometria é uma das ferramentas mais úteis para eles na medida em que se faz necessária para a construção de representações mentais dos indivíduos cegos.

O ensino clássico de geometria é baseado na visualização de desenhos, gráficos, diagramas, linhas e curvas, o que, a priori, para um estudante cego é impossível de compreender, especialmente quando não se conta com algum tipo de facilidade que permita tornar tátil a exploração desses conceitos. Por outro lado, pesquisas apontam para o uso da tecnologia computacional para ajudar no ensino de geometria em geral – e em particular para deficientes visuais (FERREIRA, 2006 e VALENTE, 2003). Para “normo-visuais¹”, é enorme a quantidade de programas que permitem explorar os conceitos geométricos, inclusive de forma dinâmica (SILVA,

¹ Pessoas sem problemas visuais (vê normalmente).

2008), mas tais programas apresentam completa inacessibilidade quando aplicados a pessoas com deficiência.

1.2 – O surgimento da tecnologia computacional aplicada a pessoas cegas no Brasil

Foi somente no meado da década de 80 que algumas tecnologias assistivas computacionais começaram a chegar ao Brasil, tendo sido adotadas por instituições e pessoas deficientes com boa condição financeira, que conseguiam importar tais artefatos de países europeus e dos EUA, com o propósito de melhorar a forma de adquirir conhecimento e, dentro de certos limites, preparar-se para o mercado de trabalho (LEMOS 2000 e CUNHA 2007).

No início da década de 90, ocorreu um enorme avanço nas tecnologias assistivas² tendo sido concebidos na época diversos produtos que até hoje são usados - como leitores de tela, impressoras, linhas Braille e sintetizadores de voz, entre muitos outros produtos que têm como objetivo de melhorar a escrita e leitura dos DV (Deficientes Visuais). Entretanto, no que se refere à matemática, ou ainda mais especificamente à geometria, as tecnologias criadas pouco ajudavam, pois não tinham funcionalidades que permitissem que um cego, por exemplo, produzisse e conseguisse ler desenhos. Dessa forma, o aprendizado nessa disciplina ocorria somente de forma tátil, sem a vinculação com essas tecnologias computacionais. O prejuízo para as pessoas cegas é muito grande, como sugere Brandão (2009), que defende que

[...] a forma como a aula é lecionada e os artefatos usados pelos professores nesta disciplina é a porta principal que abrirá várias outras para o cego ser mais independente, pois proporciona aos DV noção espacial, abstração de problemas e a destreza de sair de um ponto de origem ao destino sem se perder. (BRANDÃO, 2009).

Em 1993, nasceu no Brasil o DOSVOX³ (sistema operacional destinado para pessoas com deficiência visual desenvolvido pelo Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro) e, com ele, um conjunto de programas

² "Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social" (ATA VII - Comitê de Ajudas Técnicas – CAT - PORTARIA N° 142, DE 16 DE NOVEMBRO DE 2006).

³ Descrição completa do sistema DOSVOX consultar: <http://www.intervox.ufrj.br/dosvox>

educativos para o público infanto-juvenil, dando a oportunidade aos alunos cegos de acelerarem o processo de alfabetização de uma forma mais lúdica. Segundo Borges (2009), a vida desses estudantes cegos foi modificada radicalmente, pois, na medida em que escreviam, podia ser lido por “todos” e vice-versa.

Somente em 1998, surgiu a primeira tentativa brasileira de desenvolver um *software* para auxiliar o cego na construção de figuras geométricas, o programa DESENVOLVOX. LIRIO (2006) descreve, em sua dissertação, o experimento usando este *software*, aplicado a alguns alunos videntes e não videntes, chegando à conclusão que esse programa “facilita a comunicação entre o professor, o estudante cego e seus colegas videntes” por produzir uma linguagem uniforme na construção das figuras, além de “contribuir para que o processo de ensino e aprendizagem se torne dinâmico e acessível” permitindo, ao final do processo, que esses estudantes possam se sentir inseridos no contexto das classes regulares.

1.3 - Origem do trabalho: Geometrix

Este trabalho tem por base inicial um jogo matemático desenvolvido em 2009 chamado CITYVOX, que é um jogo de tabuleiro contendo perguntas referentes à geometria espacial. Durante a elaboração e aplicação junto aos alunos deficientes, percebeu-se a falta que os conceitos geométricos faziam para os jogadores quanto à localização espacial e à abstração que as perguntas exigiam. Assim, ao investigarem-se artefatos que pudessem auxiliá-los num conhecimento mais profundo de geometria e lhes desse autonomia no processo de aprendizado, encontrou-se um programa de computador chamado DESENVOLVOX cujo objetivo principal era auxiliar o usuário na criação de desenhos geométricos (SILVA, 2009).

Porém, esse programa esbarrava na exibição de resultado por se fazer necessário se dispor de uma impressora Braille para conferir se a figura saiu conforme o esperado, e a maioria dos cegos brasileiros não tinha a possibilidade de ter uma em casa devido ao alto preço desse equipamento. Este programa foi extinto em 2001, e a lacuna por uma ferramenta que desse autonomia ao usuário cego e o auxiliasse na aquisição de conceitos geométricos ficaria aberta.

Foi nesse contexto que surgiu a proposta de uma ferramenta que viria a preencher esse espaço na vida acadêmica dos cegos. Unindo-se elementos físicos

e lógicos como: WEBCAM e programas de realidade aumentada, disponíveis em *websites* no formato *open source*, desenvolveu-se a ferramenta Geometrix, ponto central desta dissertação, e que será apresentada nos capítulos 3 e 4 deste trabalho.

1.4 - Hipótese da pesquisa

Para esta pesquisa, conjecturou-se usar o ambiente computacional dinâmico Geometrix como ferramenta de apoio para as aulas de geometria dos estudantes deficientes visuais, por possibilitar a construção do conhecimento a partir de exercícios sugeridos pelo programa e do *feedback* gerado em função das opções escolhidas pelo estudantes, dando, assim, autonomia ao aluno no seu processo de ensino-aprendizado.

O Geometrix pode, também, através dos conceitos de geometria incutidos nessa ferramenta, contribuir para ampliar a capacidade de visualização espacial do aluno deficiente, auxiliando-o nas atividades diárias e comuns (ir à escola, localizar um endereço). Sendo assim, verifica-se que um ambiente computacional como o Geometrix pode dar suporte e cooperar para uma vida melhor dos estudantes cegos.

Em resumo, pode-se descrever que esta pesquisa é uma tentativa de provar a seguinte hipótese com base na questão em estudo, expressa na afirmativa:

A utilização de ambientes computacionais dinâmicos, como o Geometrix, ajuda na aprendizagem e na visualização espacial do deficiente visual.

1.5 – Objetivos geral e específicos

O objetivo geral deste trabalho é propor uma ferramenta chamada Geometrix que dê suporte aos alunos cegos na aquisição de novas competências, notadamente, conceitos da geometria, e que contribua para o desenvolvimento da capacidade singular de pensar, compreender, perceber, descrever e representar de forma organizada o mundo em que se vive.

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

→ Criar uma metodologia de ensino com base nos conceitos de geometria usando o Geometrix;

→ Desenvolver atividades pedagógicas baseadas nessa metodologia.

Estabelecemos as seguintes etapas que conduziram o processo de elaboração desta dissertação:

- 1) Estudar a importância da geometria para a vida dos cegos; como ela é lecionada nas escolas especiais e regular e quais os artefatos usados para ensiná-la;
- 2) Pesquisar sobre as ferramentas utilizadas no processo de aprendizagem de geometria do deficiente visual;
- 3) Construir a ferramenta;
- 4) Testar a ferramenta com profissionais da área visando validá-la;
- 5) Aplicar a ferramenta nos grupos de alunos videntes e alunos deficientes visuais;
- 6) Elaborar a análise dos resultados obtidos nos experimentos.

1.6 - Relevância do estudo e contribuições esperadas

A tecnologia assistiva na educação vai além de meramente auxiliar o aluno a “fazer” atividades requisitadas pelo educador. Através dela, descobrimos meios de o aluno “ser” e agir de forma construtiva no processo de aprendizagem. Porém, no atual cenário educacional, poucos educadores usam tecnologias em suas práticas diárias, desmotivados pela falta de recursos existentes para sua prática pedagógica e a difícil tarefa de atender às diferentes deficiências em uma mesma sala de aula.

Sendo assim, apesar desta pesquisa ter um campo bastante amplo de estudo, focou-se pesquisar ambientes computacionais dinâmicos que pudessem oferecer ao cego ganhos cognitivos similares aos ambientes concretos; portanto, as contribuições esperadas estão direcionadas para a aprendizagem de conceitos pelo meio computacional.

Espera-se ainda que esta ferramenta atenda fins específicos dos alunos cegos e que abra novos horizontes de pesquisa, contribuindo, então, para um aprendizado inclusivo muito próximo da aprendizagem dos alunos videntes.

1.7 - Metodologia

Para elaborarmos esta pesquisa, primeiro realizamos uma revisão bibliográfica, onde analisamos trabalhos científicos, ferramentas e entrevistas com docentes de matemática. Depois, acompanhamos as aulas de geometria no IBC (Instituto Benjamin Constant) a fim de levantar os requisitos necessários para o desenvolvimento da ferramenta Geometrix. Na sequência, organizamos a aplicação da pesquisa e a coleta de dados para a aquisição de resultados, tendo por base o estudo de caso. O detalhamento da metodologia encontra-se no capítulo 5.

1.8 - Estrutura da dissertação

Este trabalho está organizado em seis capítulos, seguidos das referências, anexos e apêndices.

O primeiro capítulo, a introdução, apresenta, de forma sucinta, a visão geral, o objetivo e a metodologia desta proposta.

O segundo capítulo, o referencial teórico, aborda conceitos e termos relevantes para esta pesquisa, tais como: uma visão panorâmica da deficiência visual no Brasil e no mundo, a história da educação do cego no Brasil, o ensino da geometria para os deficientes visuais, as tecnologias assistivas e o *software* DESENVOLV suas vantagens e desvantagens.

O terceiro capítulo, contexto educacional do Geometrix, analisa os aspectos pedagógicos do Geometrix no que diz respeito ao ensino de conteúdos abordados na disciplina geometria quando aplicada aos alunos do ensino fundamental (8ª e 9ª ano).

No quarto capítulo são explicadas as especificações computacionais usadas na criação do Geometrix.

O quinto capítulo está dividido em duas partes. A primeira trata sobre a avaliação da ferramenta, e a segunda refere-se aos resultados da pesquisa.

No sexto e último capítulo contém, estão os comentários sobre as contribuições dessa pesquisa e as sugestões para trabalhos futuros.

¹ Capítulo **2**

REFERENCIAL TEÓRICO

*“Os pontos Braille são sementes
de luz levadas ao cérebro pelos
dedos, para germinação do saber”
Helen Keller*

Neste capítulo, são abordadas a contextualização da deficiência visual no Brasil, e no mundo, e a história da educação de cegos. Posto isso, são analisados a maneira com a qual os professores conduzem suas aulas de geometria e o uso de tecnologias assistivas visando facilitar a aquisição de conhecimento geométrico pelos alunos cegos. Em seguida, é feita a análise do sistema DOSVOX enquanto ferramenta propulsora para a inclusão dos DV na sociedade tecnológica. No final do capítulo, analisaremos o *software* DESENVOLVOX, ferramenta que deu origem a esta pesquisa e a primeira que se destinou a auxiliar o cego brasileiro na construção de figuras geométricas sem o auxílio ou acompanhamento de um tutor.

2.1 - Contextualização

“O ser humano é uma criatura capaz de aprender apenas pela observação”, (FERRONATO, 2002). A percepção, a construção e a interpretação do mundo ocorrem pelas vias sensoriais, porém a visão é o sentido em que mais confiamos para inferir um conceito daquilo que estamos observando. O processo natural de uma pessoa com a saúde perfeita da visão (enxergando bem) ocorre da seguinte forma: as ondas luminosas perpassam pela córnea (permite a entrada de luz), chegam até a íris, passando pela pupila, o cristalino até a retina, que é a responsável por mandar os impulsos nervosos e tudo que foi observado para o cérebro. Quando esse processo não ocorre, a pessoa não usufrui desse sentido sensorial, e, então, podemos considerar que essa pessoa é cega⁴ ou possui visão subnormal⁵, (FERRONATO, 2002).

Corroborando com essa definição, a Organização Mundial de Saúde (OMS), em 1972, divulgou um estudo feito em diversos países sobre a prevenção da cegueira, de onde saíram duas importantes considerações para a vida dos Deficientes Visuais (DV). A primeira normatizou a forma de diagnosticar um DV, onde o médico utiliza “duas escalas oftalmológicas: (1) acuidade visual (aquilo que se enxerga a determinada distância) e (2) campo visual (a amplitude da área alcançada pela visão)”. Na segunda, criaram-se as categorias de DV, onde o termo visão subnormal enquadra-se nas categorias 1 e 2; o termo cegueira parcial está contemplado nas categorias 3, 4 e 5; e cegueira total ou amaurose, categoria 9 (tabela 1), (CBO, 2009).

A importância dessa categorização não é o fato de ser uma taxonomia fácil de aplicar, mas o fato de que, a partir dela, tornou-se mais claro que a inclusão de deficientes visuais em diversas situações sociais, de trabalho e estudo poderia ser aplicada em diferentes níveis e com várias possibilidades.

⁴ Pessoa cega – consideramos uma pessoa cega quando nasce cega – cegueira congênita, ou teve a cegueira adquirida, quando perdeu a visão ao longo do tempo.

⁵ Visão subnormal - quando possui o grau de eficiência baixo, mesmo com algum corretor, como óculos.

Categorização da acuidade visual		
Categoria da deficiência visual	Acuidade visual com a melhor correção visual possível	
	Máximo menos de:	Mínimo igual ou melhor que:
1	6/8 3/10 (0,3) 20/70	6/60 1/10 (0,1) 20/200
2	6/60 1/10 (0,05) 20/200	3/60 1/20 (0,05) 20/400
3	3/60 1/20 (0,05) 20/400	1/60 (contar os dedos a 1 metro) 1/50 (0,02) 20/300
4	1/60 (contar os dedos a 1 metro) 1/50 (0,02) 20/300	Percepção de luz
5	Sem percepção de luz	
9	Indeterminada ou não especificadas	

Tabela 1 - Categorias da classificação da deficiência. Fonte: CBO, 2009

Com base nesse e noutro estudo, diferentes formas de classificar e diagnosticar problemas de visão foram desenvolvidas. Para exemplificar, vejamos duas áreas:

A área esportiva categoriza os DV como:

B1 é o deficiente com ausência total da percepção da luz em ambos os olhos, ou alguma percepção da luz, mas com incapacidade para reconhecer a forma de uma mão em qualquer distância ou sentido. **B2**: é o deficiente que tem a habilidade de reconhecer a forma de uma mão até uma acuidade visual de 2/60 metros e/ou um campo visual inferior a 5º de amplitude. **B3**: Desde uma acuidade visual superior a 2/60 metros até 6/60 metros e/ou um campo visual de mais de 5º e menos de 20º de amplitude. (International Blind Sport Association, 2005).

Já a área educacional diagnostica um problema na visão através da observação na sala de aula e da utilização da tabela de Snellen⁶ (figura 1) que estabelece até a linha 8 o aluno que deverá ler sem nenhuma dificuldade; tendo qualquer dificuldade, o aluno deve ser encaminhamento para um oftalmologista (CUNHA, 2007). Na cidade do Rio de Janeiro, essa avaliação também poderá ser feita periodicamente por um grupo de profissionais (lei municipal Nº 2949 de 02 de dezembro de 1999) cujo art. 1º institui que

Fica o Poder Executivo autorizado a criar grupo itinerante, formado por profissionais de saúde das áreas oftalmológica e otorrinolaringológica, para efetuar exames de acuidade visual e auditiva nos alunos das escolas municipais. (RIO DE JANEIRO, 1999).

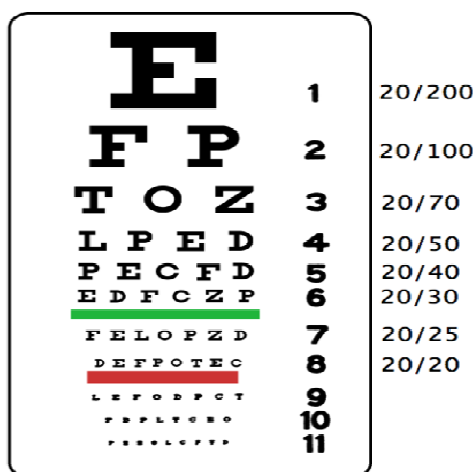


Figura 1 - Tabela de Snellen para diagnosticar a acuidade visual

2.1.1 – Dados estatísticos sobre deficiência visual

Segundo a OMS (Organização Mundial de Saúde), estima-se a existência de 50 milhões de pessoas completamente cegas no mundo, 180 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência visual e 135 milhões de pessoas com deficiência visual e risco de ficarem cegas. Os gastos com tratamentos chegam a 25 bilhões de dólares anuais e as previsões para 2020 é de 76 milhões de cegos no mundo. Nesse estudo, não se enquadraram os erros de refração (miopia, hipermetropia,

⁶ Tabela Snellen foi criada pelo oftalmologista holandês Hermann Snellen para testar a acuidade visual dos seus pacientes. A tabela apresenta a medição por pés, onde 20/20 corresponde que o numerador é o tamanho da letra e o denominador, corresponde a distância em pés, ou seja, 20 é igual a 6 metros do aluno até o quadro com a tabela. (<http://www.who.int/blindness/en/>, acesso em julho de 2010)

astigmatismo e presbiopia) como causas de uma possível deficiência, significando que a dimensão de DV seja ainda maior (OMS, 2009).

No Brasil, os dados levantados pelo Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO), em 2009, alerta a sociedade para uma realidade não muito animadora: hoje cerca de 1,4 milhões de pessoas são cegas, 4 milhões de pessoas com acuidade visual entre 20/70 e 20/400 no melhor olho, e cerca de 5,4 milhões da população possuem perda severa da visão, sendo que a população mais atingida está localizada nas regiões de menor poder aquisitivo e com serviços de saúde de péssima qualidade (CBO, 2009).

Esses números demonstram a prevalência de pessoas com deficiência visual e com predisposição a desenvolver cegueira e instigam o levantamento das causas dessas deficiências. Segundo a OMS, as causas para a deficiência visual podem ter como origem diversos fatores, como características hereditárias, drogas, traumatismos oculares e, ainda, o passar do tempo. Após os 40 anos de idade, 100% da população mundial apresenta o processo de vista cansada que interfere na visão a curta distância e, agregada a outras doenças da velhice, pode derivar em doenças tais como: catarata, glaucoma, degeneração macular referente à idade e retinopatia diabética; isto significa que, quanto mais aumenta a população idosa, proporcionalmente aumenta o número de pessoas com deficiência visual adquirida.

Com essa situação exposta, entende-se que os indivíduos cegos ou com alguma deficiência visual necessitem de certos cuidados para terem uma qualidade de vida melhor na saúde, na educação, na acessibilidade a ambientes e sejam objeto de políticas públicas inerentes a essas necessidades.

2.2 - A educação e o cego

2.2.1 – O marco inicial da pedagogia aplicada aos deficientes visuais

A inserção dos deficientes na sociedade, desde os primeiros habitantes da terra até os dias de hoje, tem sido caracterizada por muitos desafios e luta pela sobrevivência. Da era primitiva não se encontram relatos de como essas pessoas viviam ou até mesmo se conseguiam manter-se vivas devido ao ambiente hostil. Para Tehzy (2008), essas pessoas representavam um fardo para seus grupos e eram dizimadas a fim de preservar a integridade, segurança e saúde de seus

membros. Essa prática subsiste até hoje, por exemplo, em certas tribos indígenas no Brasil⁷, como a tribo dos lanomâmis localizada no estado de Roraima.

No que tange aos deficientes da visão, os primeiros relatos são encontrados no início da era cristã em que a bíblia descreve um encontro entre Jesus, um cego e seus discípulos, quando estes lhe perguntaram: “Mestre, quem é que pecou para ele nascer cego? Ele ou os seus pais?”⁸. Lascaratos e Marketos (1994) ressaltam que, em épocas anteriores, nos escritos guardados pela igreja católica, há relatos de casos isolados de cegos alfabetizados e letrados, como o cego Dídimo (d.C 313-398) que perdeu a visão aos 5 anos, desenvolveu o seu próprio método de ler e escrever, cunhando na madeira seus pensamentos, e escreveu 3 livros como: “*De Trinitate*”, “*De Spiritu Sancto*” e “*Adversus Manichaeos*”, além de comentar diversos livros da bíblia, vindo a dirigir a Escola de Alexandria por alguns anos onde foi professor de teologia, filosofia, astronomia e geometria.

Outro relato sobre a educação dos cegos ocorreu no livro “Carta sobre os cegos endereçada àqueles que enxergam” escrito pelo filósofo Diderot, em 1749, que apresentou vários cegos famosos⁹ pelos seus feitos, dentre eles, o renomado professor de Cambridge, cientista e matemático chamado Nicholas Saunderson (viveu no século XVII) que inventou vários instrumentos para facilitar a leitura tátil, além de desenvolver um artefato que Diderot denominou de “Máquina de Saunderson” (figura 2), e que Saunderson adaptou

[...] uma tabela distribuída em um plano cartesiano, combinada ao uso de alfinetes, cujas cabeças em diferentes tamanhos, possibilitavam a representação dos algarismos, a realização de operações matemáticas e a disposição de figuras retilíneas. (OLIVEIRA, 2008).

⁷ Manual de atenção à saúde da criança indígena brasileira. http://www.fiocruz.br/redeblh/media/mnl_crianças.pdf

⁸ Bíblia – Evangelho de João 9:1-41

⁹ Página 45 do livro “Carta sobre os cegos endereçada àqueles que enxergam” – Editora Escala – 1749.

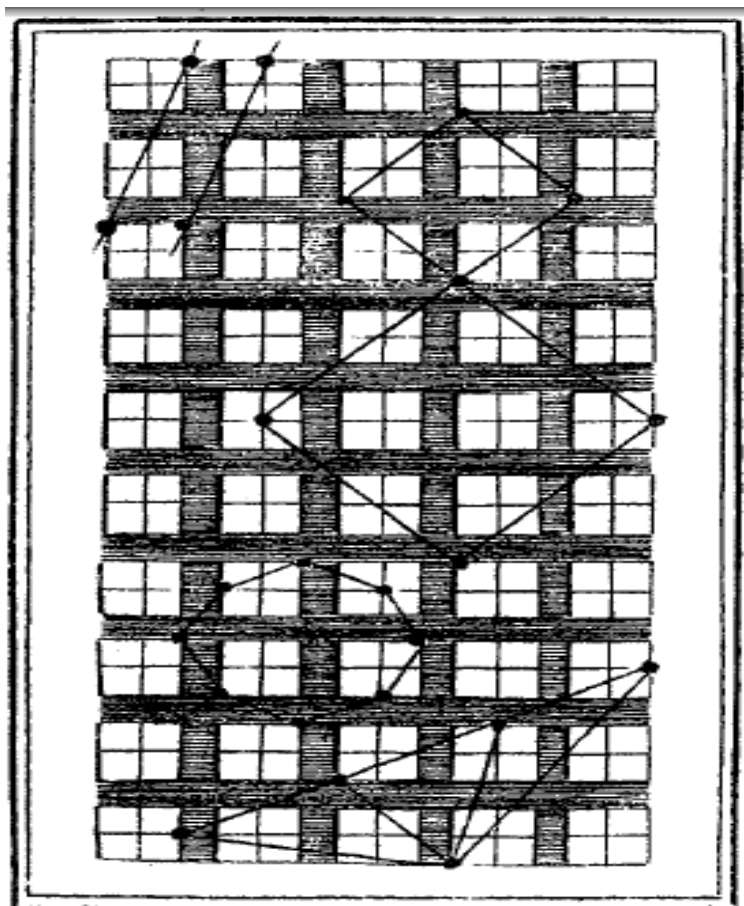


Figura 2 - Máquina de Saunderson (Fonte: Diderot, 2006)

Somente no século XVIII, surge a primeira escola para cegos, denominada Instituto Real dos Jovens Cegos, em Paris, criada pelo filantropo Valentin Hauy, estarrecido com o papel que os cegos desempenhavam na corte francesa que era de:

[...] divertir as damas da sua corte, fazendo-as assistir ao espetáculo que oferecia a luta de alguns cegos contra um porco, provocando uma hilaridade criminosa as pancadas que, por um insignificante salário, aqueles infelizes davam uns nos outros querendo atingir o animal! [...] (FERREIRA, 2004).

Essa escola era caracterizada por um método que ensinava a ler através da leitura linear, onde as letras eram transcritas em alto-relevo e o aprendiz passava os dedos sobre os escritos fazendo a identificação dos caracteres, porém esse método não o permitia escrever com agilidade e eficiência, tornando-se um método cansativo e tedioso para os principiantes cegos, (ILLINGWORTH, 1910).

Para Borges (2008), muito antes do reconhecimento do método de ensino desenvolvido em Paris e da Escrita Braille, já existiam tentativas isoladas para ensinar o cego a ler e a escrever usando tatilidade. O autor destaca, em sua tese¹⁰, os seguintes propulsores que desenvolveram métodos de ensino: na Itália, o médico e matemático Girolamo Cardano (1501-1576), Rampazetto em (1575) e o Padre Lara-Terzi (1631 - 1687); na Áustria, a compositora cega Maria Theresa Von Paradis (1759-1821); na Alemanha, Jacob de Netra (séc. XVIII); na Inglaterra, William Moon (1818 - 1894); na Escócia, James Gall (1808-1895); nos Estados Unidos, Dr. Samuel Gridley Howe (1801 - 1876) e Prof. William Bell Wait (1839-1916).

Ainda segundo Borges (2008), somente com o aparecimento das diversas técnicas táteis de leitura e escrita amplamente disseminadas no século XIX, destacando-se o Sistema Braille, o cego passa a ser inserido no “universo da palavra”, e o que Diderot pensava, no século anterior, sobre as dificuldades que os cegos passavam e as vantagens que teriam caso existisse um método pronto, torna-se real, facilitando a vida dos DV.

É bem melhor usar símbolos totalmente inventados que ser seu inventor, como se é forçado a isso quando se é tomado de surpresa. Que vantagem não teria sido para Saunderson encontrar uma aritmética palpável totalmente pronta na idade de cinco anos, em vez de ter de imaginá-la na idade de vinte e cinco anos? (DIDEROT, 2006).

2.2.2 – A Escrita Braille

Criado por Louis Braille na França e exposto ao mundo em 1829, este sistema se estabeleceu como o melhor caminho para o cego ser alfabetizado e, hoje, é adotado como o sistema padrão na educação das pessoas cegas por diversos países. O sistema Braille é composto por 63 sinais, que representam todas as letras do alfabeto, incluindo as pontuações, acentuações e sinais matemáticos (figura 3).

¹⁰ Ver detalhamento dos métodos em [Http://teses2.ufrj.br/Teses/COPPE_D/JoseAntonioDosSantosBorges.pdf](http://teses2.ufrj.br/Teses/COPPE_D/JoseAntonioDosSantosBorges.pdf)

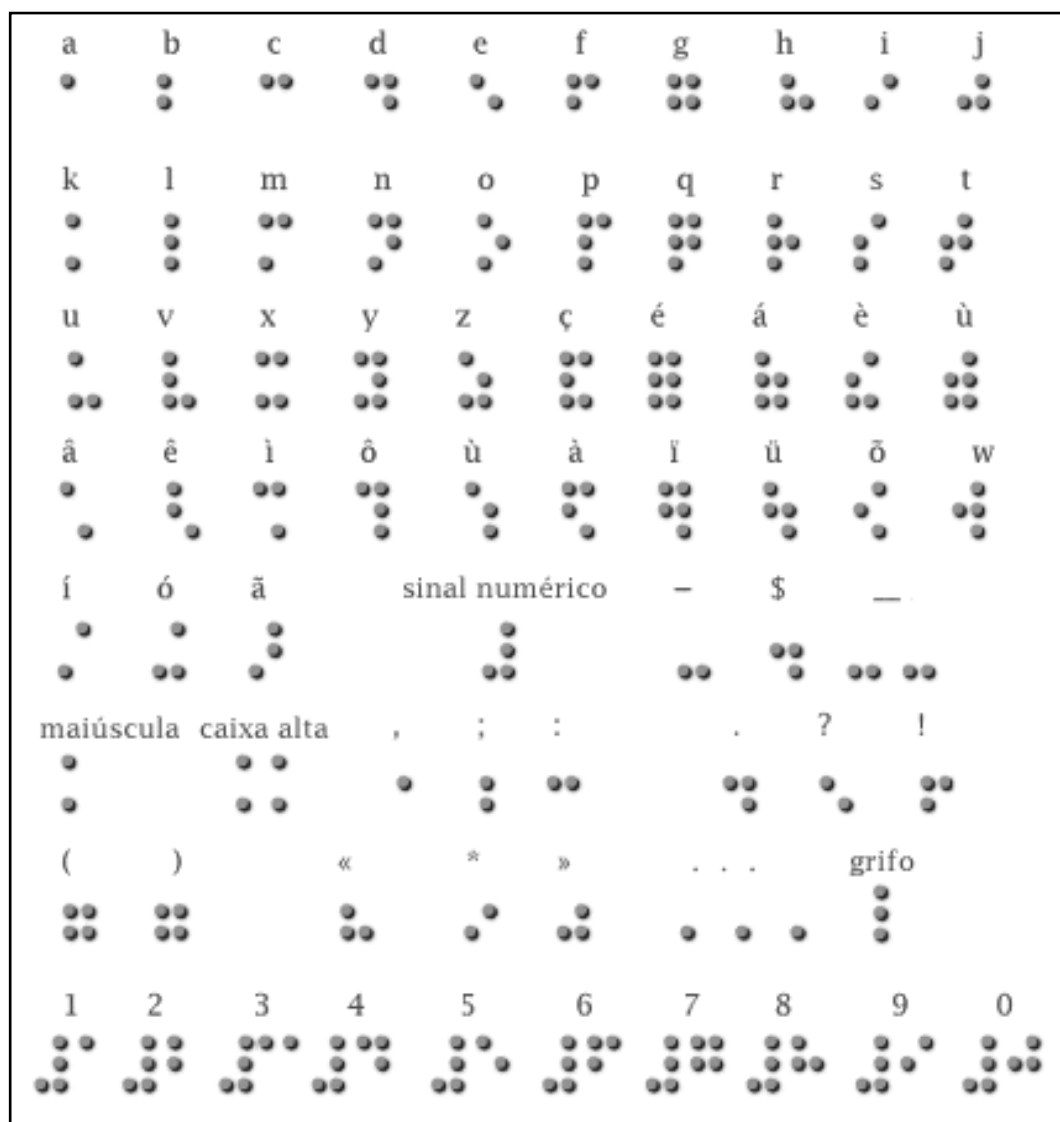


Figura 3 - Escrita Braille. Fonte, IBC, 2010.

Essas combinações são obtidas pela disposição de seis pontos em relevo, organizados em duas colunas de três pontos, formando uma cela denominada cela Braille (figura 4), (CERQUEIRA, 2009).

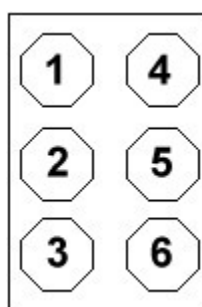


Figura 4 – Cela Braille

No Brasil, o sistema Braille entrou em vigor no mesmo ano em que a França tornou oficial o uso do sistema, em 1854, e foi usado na sua forma original até a década de 40, quando sofreu algumas adaptações para a língua portuguesa¹¹ (CANEJO, 2005). Hoje, no Brasil, o ensino do Braille para os alunos cegos das escolas especializadas, como o Instituto Benjamin Constant no Rio de Janeiro, é distribuído entre a 1ª série e a 7ª série¹² do ensino fundamental, conforme apresentado na figura 5.

Alfabeto Braille (Leitura)										
Disposição Universal dos 63 Sinais Simples do Sistema Braille										
1ª série - série superior - utiliza os pontos superiores 1245	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
2ª série é resultante da adição do ponto 3 a cada um dos sinais da 1ª série	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
3ª série é resultante da adição dos pontos 3 e 6 aos sinais da 1ª série	u	v	x	y	z	ç	é	á	è	ú
4ª série é resultante da adição do ponto 6 aos sinais da 1ª série	â	ê	ì	ô	ù	à	ñ/ĩ	ü	õ	ò/w
5ª série é formada pelos sinais da 1ª série posicionados na parte inferior da cela	,	;	:	Sinal Divisão	?	!	=	“ ”	*	o (grau)
6ª série é formada com a combinação dos pontos 3456	í	ã	ó	Sinal de Alg.	Ponto Final ou Apóstrofo	- (hífen)				
7ª série é formada por sinais que utilizam os pontos da coluna direita da cela (456)	(4)	(45)	 Barra Vertical	(5)	Sinal de Maiúscula	\$	(6)			

Figura 5 - Braille distribuído por séries.
Fonte: Revista Benjamin Constant, 2009.

¹¹ Essas adaptações podem ser vista no documento de Elizabeth Canejo em parceria com **FAETEC** – Fundação de Apoio à Escola Técnica do Rio de Janeiro, disponível no endereço: <http://www.lapeade.com.br/publicacoes/documentos/Apostila%20Braille.pdf> (acesso setembro de 2010).

¹² Site consultado http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/aee_dv.pdf

A escrita Braille pode ser realizada pelos métodos manual, mecânico e automático. O primeiro é de fácil manuseio e até justifica os motivos que levaram o Braille a ser tão bem aceito pela comunidade de cegos do mundo, pois usa-se a reglete: uma régua de madeira, plástico ou metal contendo um conjunto de celas Braille sobre uma base plana e um instrumento denominado de punção que contém, em uma das extremidades, uma ponta metálica utilizada para perfurar os pontos na cela Braille, sendo que o usuário escreve da direita para a esquerda produzindo uma escrita em relevo não espelhada cuja leitura é feita da esquerda para a direita. Esse processo de escrita é considerado moroso (em relação à agilidade que os métodos, a seguir, proporcionam ao usuário), dificultando a correção de qualquer erro, pois exige que o usuário perfure ponto por ponto e tenha uma boa coordenação motora.

O outro método de escrita é a utilização da máquina mecânica de escrever Braille, que possui seis teclas que correspondem aos pontos da cela Braille e cujo funcionamento se assemelha ao das antigas máquinas de datilografia: o papel é fixo e envolvido em um rolo comum que desliza ao pressionar o botão para mudar de linha e o toque simultâneo de uma ou mais teclas vão produzindo a combinação dos pontos desejados. Nesse processo, a escrita em relevo é feita da esquerda para a direita sem a necessidade de tirar o papel da máquina para a leitura, ou seja, o usuário necessita da “coordenação bimanual” para, simultaneamente, escrever e verificar o que está sendo documentado. Por fim, podemos mencionar a impressora Braille computadorizada, muito pouco utilizada no Brasil devido ao preço, que é ligada ao computador e imprime em formulários contínuos ou em folhas avulsas com uma velocidade bastante eficiente. Quanto aos meios de escrita e leitura Braille, esses métodos são os mais usados pelos educandos das escolas especializadas no Brasil (MEC, 2007).

2.2.3 – A educação do cego no Brasil

No Brasil, a primeira escola para cegos foi fundada em setembro de 1854, impulsionada pelo jovem cego José Álvares de Azevedo que, aos 10 anos de idade, foi estudar no Instituto dos Meninos Cegos de Paris, permanecendo lá por 6 anos

aprendendo a ler e escrever através do Sistema Braille¹³. Ao chegar ao Brasil, Azevedo ensinou esse sistema para outras pessoas cegas, escreveu artigos para jornais sobre o mesmo e a possibilidade de pessoas cegas estudarem e saírem do *status* de analfabetos. José Álvares de Azevedo teve a oportunidade de alfabetizar a filha cega do médico da Corte Imperial, Dr. José Francisco Xavier Sigaud, que, por sua vez, junto ao Barão do Rio Bonito, intermediou uma entrevista sua com o Imperador do Brasil D. Pedro II, a fim de sensibilizá-lo para a criação de uma escola para cegos no Brasil nos moldes do instituto de Paris. Em março de 1854, aos 19 anos, Azevedo faleceu de tuberculose; seis meses depois, inauguravam-se, então, as instalações do Instituto dos Meninos Cegos no Brasil, hoje o Instituto Benjamin Constant, já usando o Sistema Braille como método de ensino, (CERQUEIRA, PINHEIRO e FERREIRA, 2009).

Após o surgimento do IBC, outras instituições educativas foram criadas no Brasil durante as décadas de 20, 30 e 40, mas somente o IBC e a Fundação Dorina Nowill para Cegos (criada em 1946) tinham capacidade de produzir livros em Braille por possuírem impressoras Brailles, fato que dificultou o avanço da educação especial dos cegos, pois se criava uma dependência das instituições. Nas décadas subsequentes, ocorreram importantes eventos que mudaram a vida dos cegos, como em 1950 quando o CNE (Conselho Nacional de Educação) permitiu que alunos cegos pudessem ingressar na faculdade de filosofia, e a criação da primeira classe Braille no ensino regular. Em 1970, o MEC cria o Centro Nacional de Educação Especial (CNESE), órgão responsável por melhorias e expansão do atendimento aos alunos com deficiência de todo o território brasileiro. Em 1980, surge o CORDE (Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência) e a constituição brasileira apoiando a educação especial. Em 1990, com a declaração Mundial da Educação e a Declaração de Salamanca, novas políticas educacionais foram impulsionadas, incluindo a formulação da nova LDB com destaque para a educação especial. No que tange os alunos DV, após esse momento, novas portarias e decretos surgem a fim de difundir o sistema Braille por todas as modalidades de ensino, estabelecendo que todas as escolas sejam

¹³O Sistema Braille estava na fase de experimentação sendo adotado por alguns professores do Instituto dos Meninos Cegos de Paris em 1844. Em 1854, a França adotou o Sistema Braille como sistema oficial da educação dos cegos (CERQUEIRA, 2009)

obrigadas a oferecer material didático como: soroban, reglete e noções sobre mobilidade e orientação, além de aprender e conhecer ferramentas que possibilitem o aluno aprender usando computadores com sintetizadores de voz, (NUNES, 2010).

Embora com tantos mecanismos de promoção da educação dos DV, pouco se avançou quanto aos métodos de ensino-aprendizagem nas redes de ensino regular e nas escolas de atendimento específico. Na seção seguinte, será apresentado um pequeno histórico dos artefatos usados para o ensino da matemática aplicada aos alunos DV usado nas instituições especializadas ou com classes inclusivas.

2.3 - O ensino da Matemática para os Cegos

2.3.1 – Recursos didáticos e a matemática

A matemática sempre foi vista como uma ciência completa e capaz de justificar e resolver diversos problemas humanos. O ato de aprender e ensinar matemática, no entanto, tem sido visto como difícil e distante da realidade. À proporção que se avançam as séries e as exigências da abstração são cobradas pelos professores, essa dificuldade se mostra mais sucinta. Adicionalmente, professores não recebem capacitação e recursos didáticos para melhorar a qualidade das aulas. Isso tem sido um entrave no desenvolvimento do conhecimento matemático. Quando se refere à educação inclusiva e a matemática para DV, a situação é ainda mais dissonante, pois, em geral, os professores não se sentem preparados para ensinar, notadamente devido à necessidade constante de recursos táteis para trabalhar a disciplina em sala de aula (FERRONATO, 2002).

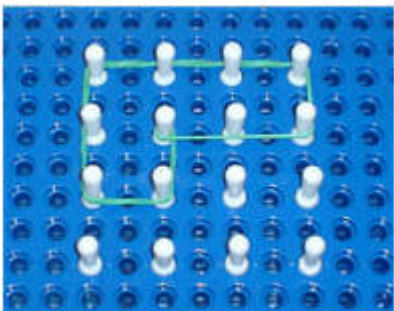
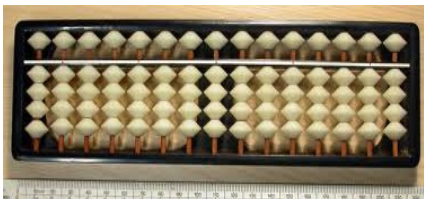
No livro “A formação social da mente” de Vygotsky (1984), a teoria defendida é que os alunos com deficiência sejam educados de forma mais semelhante possível dos alunos videntes e que a cegueira auxilia no desenvolvimento de “estruturas cognitivas compensatórias” permitindo que o DV aprenda usando o sistema compensatório adicionados a recursos pedagógicos táteis. No Brasil, as escolas especializadas em DV ensinam a matemática e a geometria através da “manipulação de materiais concretos e sua representatividade, utilizando os conceitos básicos das formas do cotidiano, através do seu corpo e das formas geométricas” (BARBOSA, 2003); já as escolas tradicionais utilizam as lousas com esquemas para representar o pensamento matemático, figuras bidimensionais e até tridimensionais para auxiliar os alunos na representação do mundo. Nas escolas

inclusivas, a disciplina de matemática é lecionada normalmente, mas a escola possui uma “Sala de Recursos Multifuncionais”¹⁴ onde o aluno DV tem acesso a diferentes materiais para estudar e aprender os conceitos matemáticos e geométricos (FERNANDES, 2004).

Cerqueira e Ferreira (2000) enfatizam a importância dos recursos didáticos para lecionar as disciplinas aos deficientes visuais, em especial a matemática. Corroborando com essa ideia, Reily afirma:

Sem recursos especiais, alunos com cegueira terão bastante dificuldade de acompanhar a matéria nas primeiras séries do ensino fundamental, bem como a partir da 5ª série, quando as exigências começam a aumentar (REILY, 2004, p.60).

Entre os recursos didáticos mais utilizados pelos estudantes DV para aprender conceitos da aritmética, álgebra e estatística, pode-se citar: o multiplano, soroban, cubaritmo e escala cuisinare. (Tabela 2).

Recursos Didáticos	Descrição
 Multiplano	Recursos que auxiliam na aprendizagem de “operações, tabuada, equações, proporção, regra de três, funções, matriz, determinantes, sistema linear, gráficos de funções, inequações, funções exponenciais e logarítmicas, trigonometria, geometria plana e espacial, estatística, entre outros”. (FERRONATO, 2002) fonte: http://www.multiplano.com.br/
	“Um recurso educativo específico imprescindível para a execução de cálculos matemáticos por alunos com deficiência visual”. (MEC, 2006)

¹⁴Ver definição de salas de recursos em: http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/2007_salas.pdf

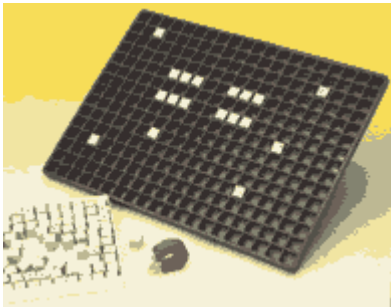
Soroban	Fonte: PORTARIA MEC nº 1.010, DE 10 DE MAIO DE 2006
	Recurso usado para auxiliar na realização das operações matemáticas. Esse artefato é composto por uma grade e cubos que se encaixam de forma que o aluno cego consiga calcular as operações; os cubos possuem em uma das faces as representações dos numerais de 0 a 9 em autorrelevo.
	Recursos que permitem a criança aprender quantidades e medidas, facilitando a compreensão dos numerais e operações.

Tabela 2 - Recursos Didáticos no ensino da matemática

Portanto, conclui-se que esses recursos didáticos táteis, alinhados a uma pedagogia bem estruturada, contribuem para a construção do conhecimento matemático do aluno DV e para a concepção do mundo em que ele vive.

2.3.2 – O ensino da geometria para os cegos

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) recomendam o uso de “materiais manipuláveis” no ensino e aprendizagem dos conceitos geométricos como mecanismo de auxiliar os alunos na abstração que a disciplina exige, e é notado

que, cada vez mais, a rede educacional tradicional vem se apoderando desses artifícios (MEC, 2000).

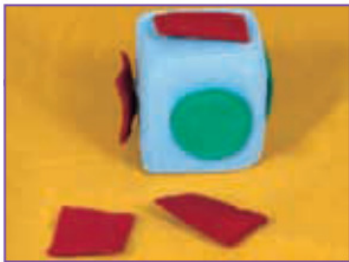
Para Barbosa (2003), o uso desse tipo de recurso na vida acadêmica dos DV sempre foi utilizado como forma de auxiliá-los no desenvolvimento de habilidades e também na construção dos conceitos geométricos. Segundo o MEC (2006), os primeiros conceitos geométricos são passados para os alunos DV nos primeiros anos de vida, que vai de zero a 3 anos de idade (fase chamada de “sensório-motor”), quando são apresentadas atividades lúdicas com objetos concretos de diferentes texturas e formatos com o intuito de contribuir para a “construção do sistema de significação, do desenvolvimento cognitivo e da interação com o meio ambiente.”

SIAULYS (2005) descreve que tais atividades lúdicas iniciadas nessa fase preliminar são também conceituadas como estimulação precoce e¹⁵

[...] desperta a curiosidade e o prazer de ver e buscar melhorar a eficiência visual; desperta a vontade de movimentar-se e realizar atividades, de conhecer e entender seu corpo e o ambiente, de desenvolver e integrar os sentidos; de desenvolver habilidade, sequência, seriação e classificação; de desenvolver o tato para reconhecer texturas, formas, temperatura, grandeza, peso, consistência e materiais de que são feitos os objetos e de desenvolver a estruturação e organização espacial [...] (SIAULYS, 2005).

No quadro 1, são apresentados alguns objetos utilizados nas instituições que desenvolvem atividades de estimulação precoce com crianças portadora de deficiência visual.

¹⁵ Estimulação Precoce - “Conjunto dinâmico de atividades e de recursos humanos e ambientais incentivadores, destinados a proporcionar à criança, nos seus primeiros anos de vida, experiências significativas para alcançar pleno desenvolvimento no seu processo evolutivo”. (Série Diretrizes nº 3, Secretaria de Educação Especial – MEC, 1995)

 Móvil de bolinhas	 Cubo Geométrico
 Chocalho Sensorial	 Tapete de alto contraste
 Brinquedo para estimulação precoce Fonte: AMO (Associação de Assistência em Oncopediatria), 2011.	 Bola Baby

Quadro 1 - Objetos no formato geométrico usados na fase de estimulação precoce.

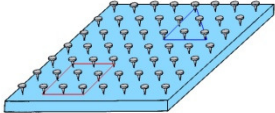
Quanto ao pré-escolar que atende crianças de 4 a 6 anos de idade, novos objetos geométricos são introduzidos nas atividades educacionais com a finalidade de enriquecer o “universo de significação do aluno” e da aprendizagem conceitual, de forma que o aluno consiga desenvolver sua potencialidade, seu raciocínio, expressar suas emoções e pensamentos e seguir para as próximas fases educacionais (IBC, 2011).

No quadro 2, são apresentados objetos manipuláveis no formato geométrico usados na fase pré-escolar.

 FORMCOLOR	 Gira – Gira
 Livro das Grandezas	 Pendurando Formas

Quadro 2 - Objetos geométricos usados na fase pré - escolar.

Na fase do ensino fundamental que vai de 7 a 14 anos (1º a 9º ano), os alunos começam a aprender a ler e escrever e também formular os primeiros cálculos matemáticos e geométricos usando diferentes materiais manipuláveis, tais como: material dourado, blocos lógicos, tangram, geoplano, materiais adaptados (régua, esquadro, transferidor) e materiais feitos de Thermoform ou Borracha E.V.A (Etil, Vinil e Acetato), ver quadro 3.

Materiais manipuláveis	Descrição
 Material Dourado	Este material é composto por pequenos cubos com 1 unidade de volume, barras com 10 unidades de volume, placas com 100 unidades de volume e um cubo maior, com 1000 unidades de volume. Desenvolvido pela pedagoga Maria Montessori, tem por objetivo principal a aprendizagem do sistema de numeração decimal-posicional e é utilizado tanto por alunos videntes como alunos deficientes visuais.
 Blocos lógicos	São sólidos geométricos de diversos tamanhos e tipos usados no aprendizado de forma, proporcionalidade e dimensões. Com eles, os alunos podem construir diversos ambientes.
 Tangran	É um jogo composto por diferentes figuras geométricas de diversos tamanhos. Auxilia o aluno a explorar conceitos sobre: frações, identificação de figuras geométricas, comparar, classificação, exploração de transformações geométricas através de composição e decomposição, noções de áreas, visualização e representação de figuras planas.
 Geoplano	É constituído por um quadrado de madeira onde são fixados pequenos pregos, e os alunos podem desenhar utilizando elásticos ou barbantes, explorando conteúdos como o perímetro e área, diagonais e simetria.
	São recursos normalmente usados por videntes, mas adaptados para os alunos deficientes como régua, transferidores e esquadros.

 Thermoform ou E.V.A.	São materiais normalmente criados pelo professor para atender uma necessidade específica.
---	--

Quadro 3 - Materiais manipuláveis usados nas aulas de matemática e geometria - ensino fundamental (Fonte: IBC, 2011)

Com uma metodologia específica e os “materiais manipuláveis” usados adequadamente para cada necessidade, é possível transpor a barreira da visualização e trabalhar conteúdos variados que não só elevem o grau de compreensão dos alunos deficientes na área de geometria, mas busquem novos mecanismos e práticas de ensino que consigam colocar os alunos deficientes visuais na mesma condição de oportunidade de aprender dos alunos videntes.

2.4 – O software DESENVOLVOX: Bases para a criação do Geometrix

A definição de Tecnologia Assistiva (TA), ao longo dos últimos anos, vem sendo bastante revisada, devido a sua abrangência e valor dessa área para garantir a inclusão da pessoa com deficiência em distintos setores da sociedade. O Comitê de Ajudas Técnicas da Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência (Corde) estabeleceu o conceito de TA, que é:

Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social. (Definição estabelecida pelo COMITÊ DE AJUDAS TÉCNICAS – CAT CORDE / SEDH/PR, 2007).

Assim, as Tecnologias Assistivas (TA) são todos e quaisquer recursos, serviços, equipamentos, estratégias e práticas que contribuam para ampliar e proporcionar aos deficientes melhores condições de vida; na literatura também podemos encontrar diferentes terminologias (sinônimos) para TA, tais como: “Ajudas Técnicas”, “Tecnologia de Apoio”, “Tecnologia Adaptativa” e “Adaptações”.

Com o aperfeiçoamento das TA e a inclusão do computador adaptado à necessidade dos deficientes, um novo mercado surgiu, novas ferramentas computacionais foram desenvolvidas e programas específicos para suprir a limitação da deficiência também foram criados. O exemplo maior é o DOSVOX, um *software* que abriu novos horizontes para os DV, com seus recursos (acesso a e-mail, editor de textos, planilhas, apresentação de slides entre outros) que possibilitam uma pessoa completamente cega a inserir-se no mercado de trabalho, desempenhando, frequentemente, as mesmas atividades de um vidente.

Com o surgimento desse *software*, outras ferramentas foram sendo inspiradas e desenvolvidas com o mesmo intuito de melhorar a vida dos DV. No campo educacional, podem-se citar os aplicativos que compõem o próprio sistema DOSVOX, como: os jogos educativos, calculadora vocal, MAPAVOX¹⁶ e o sistema DESENVIX (programa que serviu de base para a construção da proposta dessa dissertação).

- **O Sistema DESENVIX**

O DESENVIX é um programa específico, desenvolvido para o uso dos cegos, e parte integrante do sistema DOSVOX, que permite que se possam produzir desenhos geométricos simples via o computador. Esse programa pode ser usado como uma ferramenta para ajudar no ensino de Geometria e assuntos correlatos.

O DESENVIX teve sua primeira versão desenvolvida pelo NCE/UFRJ – CAEC (Centro de Apoio Educacional ao Cego) no início de 2000 e tinha como objetivo principal auxiliar os alunos cegos na criação de desenhos geométricos, a partir de algumas marcações iniciais passadas aos DV através do sintetizador de

¹⁶ O MAPAVOX é um utilitário destinado a dar suporte a mapas táteis sonoros, ou seja, aqueles que ao serem tocados interagem com uso de síntese de voz. O MAPAVOX foi construído em parceria entre o Grupo de Pesquisas em Acessibilidade do NCE/UFRJ e o programa de Pós Graduação em Geografia da UNESP de Rio Claro.

voz, para que eles pudessem criar figuras poligonais, depois imprimir na impressora Braille e certificar se as figuras estavam corretas ou não.

A seguir, uma breve descrição operacional do DESENVIX:

- Um desenho é criado como sendo um conjunto de figuras. A cada momento, o operador está editando apenas uma figura. É possível a utilização de uma “biblioteca de figuras prontas”.
- Entre as funções mais importantes, estão as operações de inserir, localizar, remover elementos simples e agrupá-los para formar elementos compostos.
- O programa permite tanto o uso de coordenadas cartesianas absolutas, como relativas (onde um elemento se referencia a outro).
- À medida que o desenho vai sendo criado, a informação entrada é simultaneamente visualizada graficamente para que o professor (vidente) possa acompanhar o trabalho.
- A seleção de elementos é feita de forma não gráfica, através do percurso da lista de elementos de desenho, usando as setas. Caminha-se com as setas até o elemento e pressiona-se uma tecla que indique a operação desejada (por exemplo, apagar).

A forma operacional selecionada foi projetada para ser a mais próxima possível da utilizada no sistema DOSVOX. Assim, o computador oferece, a cada momento, um leque de opções (um menu) e o usuário seleciona com uma tecla a opção desejada. Se o usuário não sabe quais as opções disponíveis, pressiona a tecla (F1), e estas opções são informadas.

Com a criação desse programa, os DV passaram a ter uma maior autonomia na construção de atividades que necessitassem obrigatoriamente da visão, pois o programa permitia não só construir, mas também que o próprio criador, sem o auxílio de outra pessoa, certificasse o que construiu, contribuindo, assim, para que o estudante com deficiência fosse ativo no seu processo de aprendizagem de geometria.

Em 2001, o projeto DESENVIX foi descontinuado, pois só teria sentido para o estudante deficiente utilizar tal ferramenta se ele portasse uma impressora Braille

consigo. O custo, no Brasil, dessa impressora é muito alto¹⁷ para o público não vidente. Com esse projeto encerrado, uma lacuna formou-se, pois o estudante cego voltou ao estado de dependência na construção desse tipo de saber, tendo que apoiar-se em um auxiliar para confirmar o que está sendo desenvolvido.

- **Embasamentos do GEOMETRIX**

As raízes de construção do DESENVÓX são a decomposição do desenho em elementos simples de construção, que são colocados, um a um, numa superfície cartesiana. Nessa adição de elementos, são utilizados, além de coordenadas, também os conceitos de distância, ortogonalidade, proporcionalidade, que tornam a construção do desenho um processo perfeitamente gerenciável para uma pessoa que não enxerga, usando fortemente as relações que existem entre os elementos de desenho.

É interessante notar que as táticas de construção e de aplicação usadas no projeto Geometrix têm raízes comuns com técnicas que o matemático cego Saunderson já utilizava há mais de 200 anos atrás, ainda que com ferramental e implementação totalmente diversos. Hoje podem-se utilizar técnicas de interação e cálculo em tempo real, aliadas à visão artificial, mas as bases pedagógicas e de construção geométrica parecem ter muitos pontos em comum: a inter-relação que existe entre os elementos do desenho.

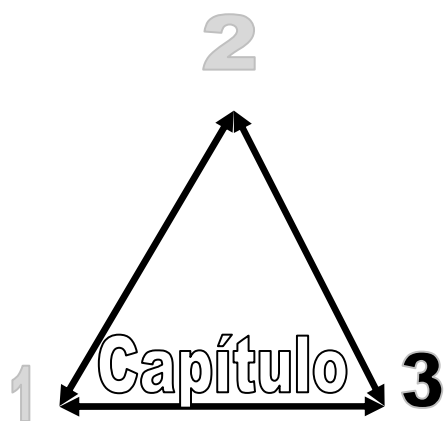
A base para produzir um resultado gráfico é, portanto, a correta compreensão dos diversos tipos de elementos básicos e das inter-relações que podem ser estabelecidas entre eles. Tudo isso é aprendido quase intuitivamente pelas crianças que enxergam, com base na apreciação visual das “coisas do mundo”, mas tem que ser explicado cuidadosa e formalmente àqueles que nunca enxergaram.

Partindo desse princípio, desenvolveu-se a ferramenta Geometrix a partir do interesse de se dar continuidade à proposta principal do DESENVÓX, que é

¹⁷ Hoje uma impressa Braille custa em média R\$5.000,00 – Disponível em <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-150558398-impressora-Braille-marca-index-modelo-basic-d-JM>. Acesso, abril 2011.

contribuir para um melhor aprendizado de geometria dos estudantes deficientes sem a necessidade de uma pessoa para conferir o que o deficiente criou.

A partir do próximo capítulo, essa ferramenta será detalhada.



GEOMETRIX NO CONTEXTO EDUCACIONAL

"O principal objetivo da educação é criar indivíduos capazes de fazer coisas novas e não simplesmente repetir o que as outras gerações fizeram." Jean Piaget

A finalidade deste capítulo é descrever o Geometrix como ferramenta educacional, e apresentar uma proposta de uso para as aulas de geometria.

3.1 – Definição de *software* educativo

Ao se idealizar o Geometrix, pensou-se numa ferramenta que pudesse auxiliar os alunos na construção do conhecimento e que desse suporte para as aulas de geometria usando o computador.

Para Valente (1995), um *software* educativo é um complemento na aprendizagem do aluno e não o instrumento que substitui o professor no processo de ensinar ao aluno um determinado conteúdo. Ainda hoje, encontramos, nas escolas, uma forte resistência a incluir *softwares* educativos nas aulas, postura muitas vezes justificada pelo fato do professor desconhecer os benefícios que eles podem trazer aos docentes, ou mesmo por ele não dominar os conceitos básicos de manipulação de um computador.

Fialho e Alves (2001) explicam que, quando um professor escolhe um *software* educativo para ser usado no ambiente escolar, deve atentar para a procedência do *software* (quem desenvolveu e os objetivos do programa) e, principalmente, para os paradigmas pedagógicos que permeiam o *software*, a fim de garantir que, ao final do processo, o aluno tenha aprendido de forma completa e ativa, pois o que se deseja é que os alunos, diante do computador, além de “brincar, interagir e criar, possam ser atores principais do seu processo de aprendizagem, desenvolvendo sua capacidade intelectual e emocional” de forma plena.

Ramos (1996) ressalta que os *softwares* educativos podem ser classificados como comportamentalista ou construtivista. Dentro do paradigma comportamentalista, a ênfase é na transferência de conhecimento, ou seja, o arquiteto do *software* (sujeito que sabe) projeta etapas bem definidas a fim de conduzir o aluno (sujeito que não sabe) até o conhecimento esperado. Predominam nesse tipo de *software* as atividades normalmente baseadas em perguntas e respostas, ou atividades dirigidas que, ao final, enaltecem o sujeito com o maior número de pontos. No paradigma construtivista, onde encontram-se embasados os trabalhos de Piaget, os *softwares* têm a predominância de atividades que proporcionem ao aluno a troca de conhecimento, ou seja, são criados programas de simulações ou ambientes baseado em situações da vida real, permitindo ao aluno explorar e descobrir novas formas de solucionar os problemas apresentados durante as fases do programa.

A ferramenta Geometrix seguiu a lógica do paradigma construtivista, pois se entende que essa é a melhor forma do aluno enriquecer o seu potencial cognitivo, proporcionando a ele um ambiente interativo, explorável e adaptado à necessidade e realidade do público-alvo. No que se segue, serão descritos os aspectos pedagógicos do Geometrix.

3.2 – Aspectos pedagógicos do Geometrix

3.2.1 – Fundamentos

Os princípios educacionais do Geometrix estão fundamentados tanto no construtivismo de Piaget, em particular nos estudos feitos por ele sobre o desenvolvimento mental que é iniciado nos primeiros anos de vida de uma criança, quanto no construcionismo de Papert, uma abordagem que defende a construção do conhecimento a partir da interação do aluno com uma ferramenta, por exemplo, o computador.

Para Piaget, a formação da inteligência e da capacidade cognitiva está diretamente ligada às experiências físicas e à aptidão de o indivíduo compreender o “lógico-matemático”, ou seja, esse indivíduo desenvolve o seu conhecimento intermediado pela manipulação de objetos e, à medida que essa interação acontece, a criança infere conceitos sem que os mesmos sejam ensinados, usando o seu “mecanismo de aprendizagem” (VALENTE, 1995).

Corroborando com essa ideia, Papert defende que, ao inserir o computador no contexto educacional do aluno de forma que desperte uma motivação capaz de impulsioná-lo para “o querer aprender”, o resultado será uma aprendizagem mais significativa e autônoma para o aluno. Essa abordagem construcionista, para Papert, só ocorrerá se a ferramenta se enquadrar no ciclo “descrição-execução-reflexão-depuração-descrição” (figura 6) e cita, como exemplo, a linguagem LOGO, onde o aluno usa o computador para ensinar a tartaruga a executar uma atividade, (PAPERT, 1994).

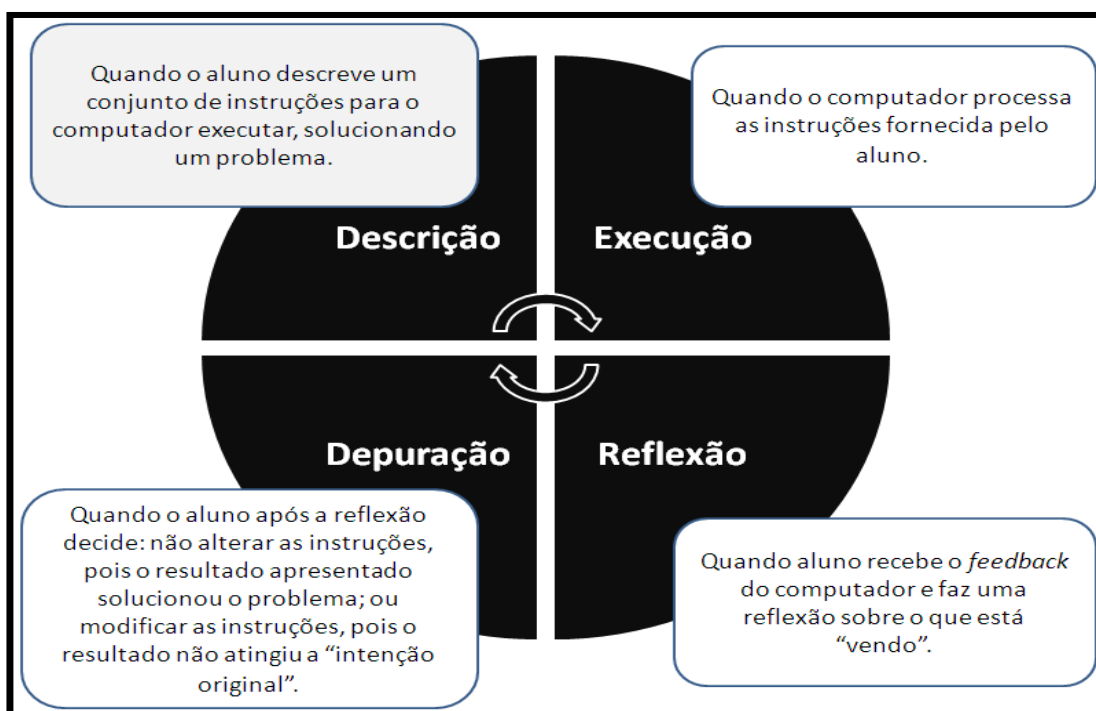


Figura 6 - ciclo "descrição-execução-reflexão-depuração-descrição" – Fonte: Papert, 1986

Sendo assim, arquitetou-se o Geometrix com base nestes dois princípios: a criança interage com objetos do ambiente conseguindo criar seus próprios conceitos através do processo de assimilação e acomodação defendido por Piaget (1995), e, também, no construcionismo de Papert (1986), em que, a partir da inclusão do computador ao Geometrix, o aluno consegue aprender geometria sem a instrução explícita do professor.

A teoria construtivista e a abordagem construcionista são o diferencial em relação às soluções anteriormente pensadas, para ensinar o cego a compreender melhor os conceitos básicos da geometria via tecnologias, pois, até então, o aluno dependia integralmente de uma pessoa para ensiná-lo e para checar suas atividades que exigissem a visualização; com isso, o cego não tinha a oportunidade por si só de aprender baseado no processo de exploração e descoberta, defendido por esses pesquisadores.

Visando atender essa necessidade, o Geometrix foi arquitetado unindo elementos materiais e computacionais na sua composição de modo que o usuário consiga abstrair conceitos gerais a partir de experimentos simples.

Será detalhada, a seguir, a arquitetura pedagógica dessa ferramenta.

3.2.2 – Arquitetura pedagógica

A arquitetura aqui apresentada para o Geometrix foi desenvolvida a partir de entrevistas feitas com professores de matemática das classes regulares e especiais (período de março a novembro de 2010 – turmas de 8º e 9º ano) que apontaram indicadores que serviram de subsídios para fundamentar a proposta e, conseqüentemente, a arquitetura pedagógica.

Por se tratar de uma proposta inclusiva, a primeira orientação fornecida por esses professores foi a de desenvolver um mecanismo que desse igualdade de oportunidade para os dois públicos (alunos videntes e deficientes visuais).

Sendo assim, dividimos a arquitetura em duas instâncias. A primeira faz referência à parte material; a segunda, à parte computacional da ferramenta. Então, baseando-se no princípio de que manipular o concreto faz o aprendizado ficar mais fácil (seção 3.2.1), desenvolveu-se, para essa instância, um tabuleiro composto por uma estrutura de madeira, com camadas sobrepostas de cortiça e E.V.A., portado de marcações em relevo sinalizadas com alfinetes.

Essa estrutura atende à necessidade dos dois grupos, pois permite explorar conhecimentos que normalmente são adquiridos através da observação visual e, quando alterada a posição dos alfinetes, novas estruturas podem ser criadas, tornando o tabuleiro uma ferramenta que possibilita explorar diversos conceitos geométricos (figura 7).

A estrutura física ainda conta com uma câmera (WEBCAM) e um suporte para segurar a mesma. Ressaltamos que a não escolha por outras estruturas, como tela sensível ao toque e mesa digitadora, deveu-se aos valores desses artefatos e da inacessibilidade para os alunos deficientes visuais.

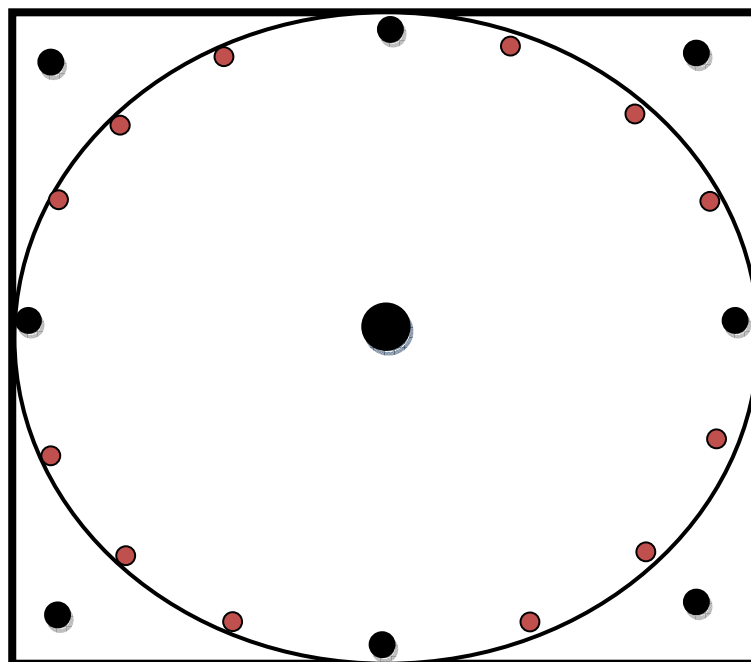


Figura 7 - Tabuleiro – lidipad

Para a segunda instância, a parte computacional, desenvolveu-se o Geometrix para reconhecer os movimentos do dedo do aluno sobre o tabuleiro e interagir com o usuário através dos *feedbacks* que a ferramenta pode oferecer. Desse modo, o resultado desejado é que, ao receber esses *feedbacks*, o aluno faça uma reflexão e queira depurar os resultados que não atingiram o objetivo inicial, ou seja, os recursos computacionais incutidos no Geometrix têm a intenção de provocar no aluno “o querer aprender” de forma espontânea, e, assim, construir o seu conhecimento significativo e autônomo, princípio construcionista de Papert.

Em suma, a arquitetura pedagógica do Geometrix foi organizada de modo a proporcionar aos alunos uma forma de aprender geometria usando elementos concretos e computacionais. Na seção que segue, será detalhada essa arquitetura no tocante aos exercícios que compõe a ferramenta.

3.2.3 – Estratégia didática

Partindo do pressuposto que os alunos iniciam a aprendizagem sobre o conhecimento geométrico entre o 8º e 9º ano do ensino fundamental, iniciando pelos conceitos básicos de pontos, retas, diagonais e polígonos regulares (triângulo e

quadrado), conjecturou-se, junto aos professores, se esses conteúdos poderiam iniciar os primeiros exercícios usando o Geometrix. Ao se questionar os “porquês” desses assuntos serem tão importantes, as justificativas dadas, principalmente pelos professores das classes especiais, foram muitas, das quais destacam-se algumas abaixo:

1ª - “são conteúdos que refletem diretamente na vida dos DV; um ponto significa o ponto Braille e o conjunto deles formam o alfabeto em que são alfabetizados”.

2ª - “As retas direcionam o caminho do cego, podem auxiliá-los em diferentes momentos como na assinatura do nome”.

3ª - “Os conceitos básicos auxiliam os deficientes a chegarem de um ponto ao outro sem o auxílio de uma segunda pessoa para guiá-lo, basta o deficiente ter esses conceitos bem definidos.”

4ª - “As figuras geométricas bem aprendidas permitem que o cego tenha uma noção espacial melhor do ambiente em que está e permitem, também, explorar novos ambientes.”

5ª - “O simples, para nós que enxergamos, não é tão simples para o deficiente; faça o teste, tente andar em linha reta vedado? Tente escrever o nome sobre uma folha de papel em branco sem ter o mínimo de geometria? Para isso que serve essa disciplina tão pouca explorada na vida do deficiente visual.”

Após a definição dos conteúdos, desenvolveu-se uma rotina de exercício para cada tópico eleito pelos professores; essas rotinas são lidas pelo sintetizador de voz de forma que tanto os alunos deficientes quanto os videntes consigam executá-las de forma sistêmica.

O processo começa com duas pré-etapas que o aluno deve executar para seguir na elaboração dos exercícios. Na primeira, o aluno explora o tabuleiro identificando o que está nele; na segunda, ele calibra a câmera, momento de fundamental importância para o funcionamento da ferramenta, porque, a partir dessas marcações, o Geometrix executa todo o processo baseado nessas medidas.

Após estas pré-etapas, inicia-se a interação do aluno com a ferramenta quando o programa apresenta ao aluno as instruções iniciais do Geometrix, via áudio e texto na janela do programa (figura 8).

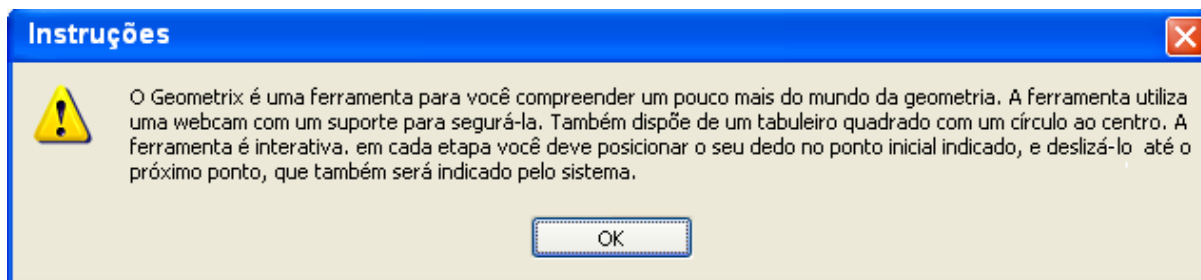


Figura 8 - Tela de instruções do Geometrix

O aluno deve, então, clicar ou pressionar a tecla <enter> para que o *software* entre na tela principal do programa e, assim, terá acesso aos diversos botões (referentes aos níveis e fases, configurações e sair). A navegação nesse ambiente atende os requisitos de acessibilidade, onde o deficiente utilizará a tecla <TAB> para “passar” pelos botões, ouvido através da voz sintetizada o que cada botão significa, e a tecla <enter> para confirmar a opção desejada.

A partir desse momento, o usuário escolhe a opção desejada, por exemplo, a fase 1 do nível fácil, e depois ouve a sequência que terá que executar. O *software* sinaliza, através de um som, o início do exercício e dá o *feedback sonoro* para o aluno de acerto ou erro, sendo que, após 3 erros (a definição de 3 erros foi decidida pela equipe de programadores¹⁸), a fase é encerrada; no caso de acerto, o *software* parabeniza o usuário e informa-o que está apto a seguir para a próxima fase (figura 9).

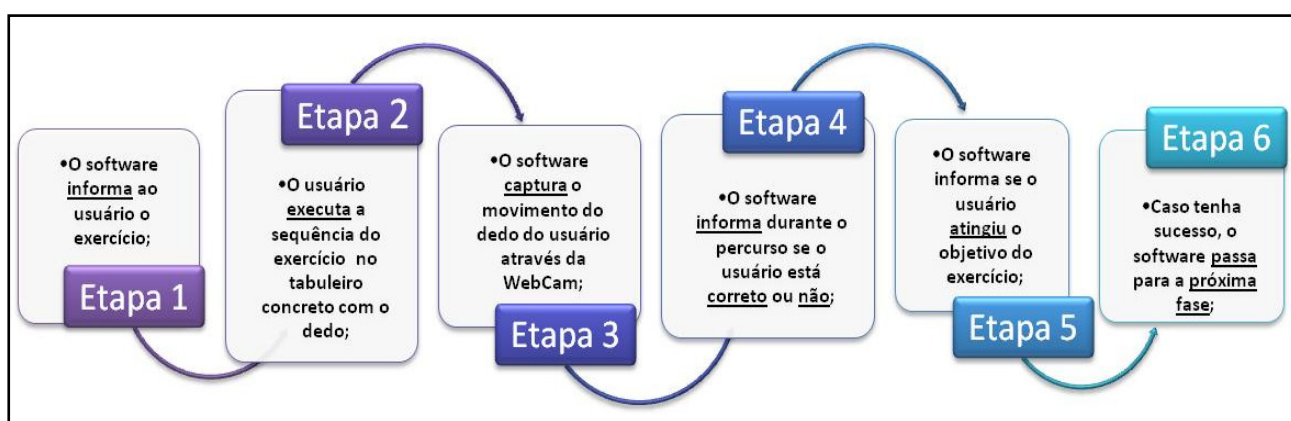


Figura 9 - Estrutura da metodologia do Geometrix.

¹⁸ A equipe de programadores é composta por alunos do Colégio Pedro II (ensino médio - técnico em programação) sob orientação do professor Antonio Borges.

A orientação é que o aluno realize todas as fases de forma sequenciada, conforme apresentada na tabela 3.

Fases do Geometrix nível fácil	Descrição
Fase 1	Exercício de localização de pontos geométricos (A, B, C, D e O – ponto central).
Fase 2	Exercício de fixação dos pontos apresentados na fase 1.
Fase 3	Exercício para elaborar retas horizontais e verticais
Fase 4	Exercício para criação das diagonais (ponto A ao C e D ao B)
Fase 5	Exercício para a criação do triângulo retângulo
Fase 6	Exercício para a criação do quadrado perfeito
Desafio	Corresponde a um pequeno jogo que exige do aluno armazenar, em sua memória, a sequência de pontos aleatórios

Tabela 3 - Fases do nível fácil do Geometrix

Na prática, o aluno deficiente só ouve o processo sendo executado, mas como a proposta é de inclusão, na tela do computador aparecem pontos que correspondem à localização do dedo do aluno sobre o tabuleiro, capturado pela WEBCAM naquele instante, permitindo que o usuário visualize o que está sendo executando (figura 10).

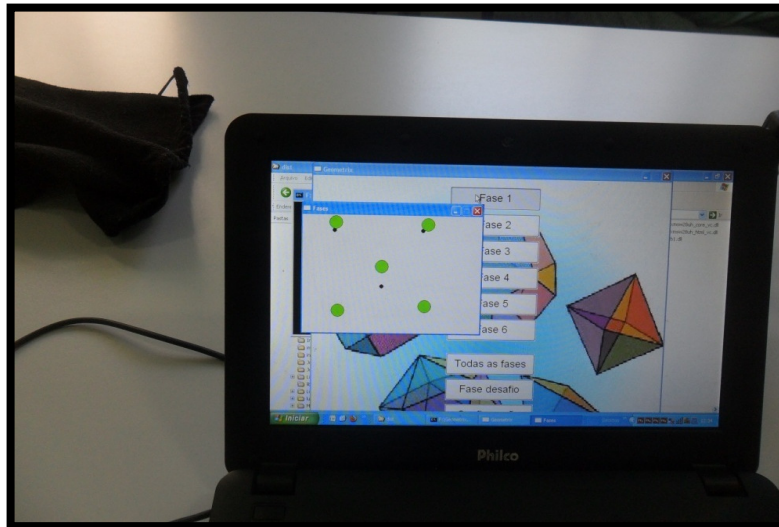


Figura 10 - Tela de *feedback* para o aluno vidente

Quanto ao nível 2, foram inseridos exercícios que exigissem mais dos alunos e que explorassem os recursos que a ferramenta poderia oferecer; então, subdividimos esse nível em 3 fases: a 1ª refere-se a exercícios com conteúdo de quadrante; a 2ª com exercícios sobre ângulos; e a 3ª, exercícios referentes a seno e cosseno (detalhamento da execução dos exercícios encontra-se no Apêndice A). Na figura 11, são apresentados os exercícios e os respectivos níveis.

Na próxima seção, demonstraremos as etapas de execução da fase 5 – Nível Fácil. Selecionamos essa fase por apresentar todos os conceitos geométricos sugeridos pelo Geometrix para esse nível.

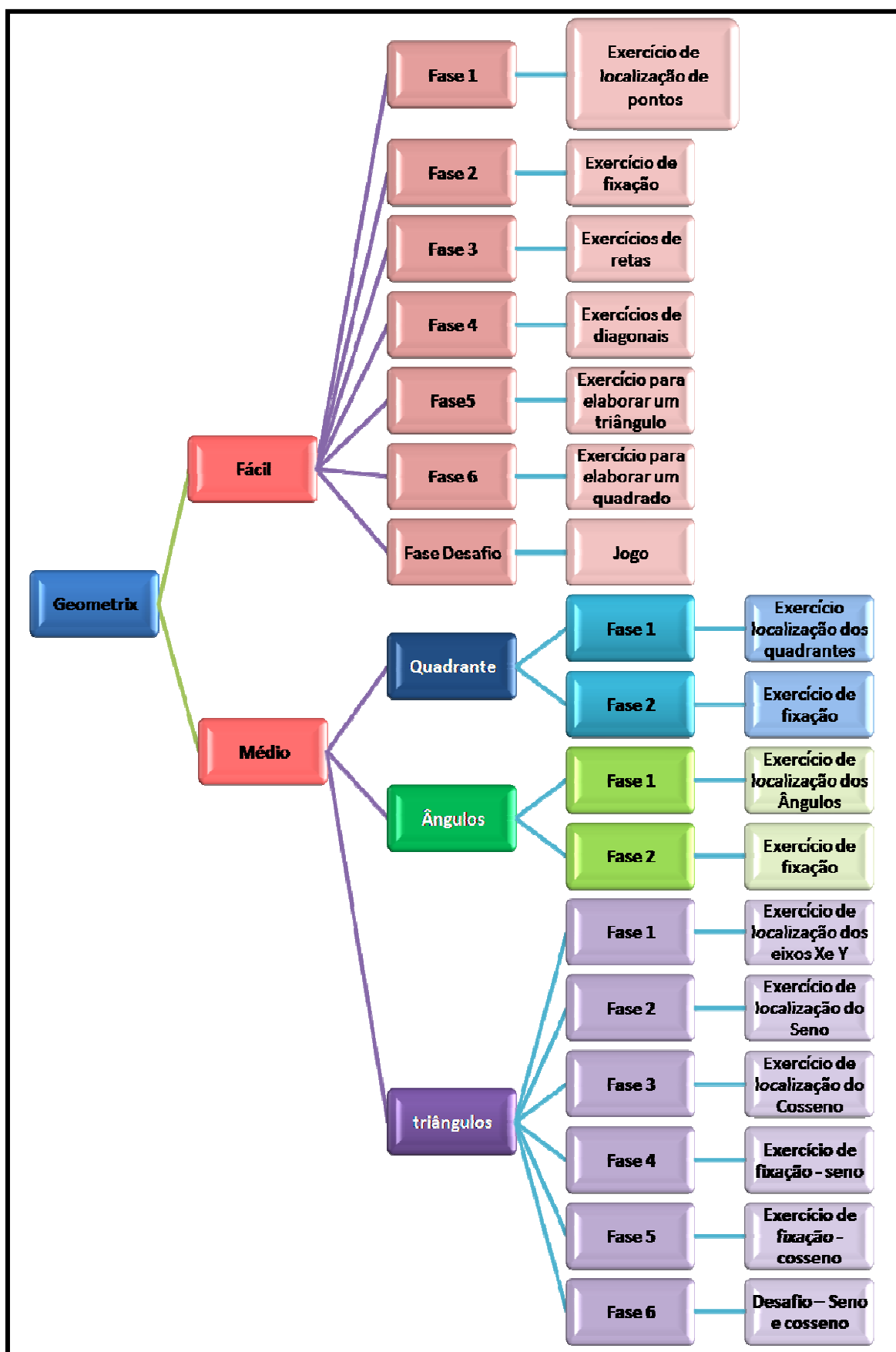


Figura 11 - Representação gráfica - Níveis e exercícios

3.2.4 – Exemplo detalhado da fase 5 – Nível Fácil

Para apresentar como é a execução do Geometrix do ponto de vista do aluno, será apresentado, a seguir, o passo a passo da fase 5 (nível fácil) por apresentar maior dificuldade na execução, conforme observado nos testes práticos.

Esta fase tem início com a tela introdutória que solicita ao aluno que execute o exercício de um triângulo retângulo. A mensagem sonorizada através do sintetizador de voz é: “Vamos construir um triângulo retângulo, para isso posicione o dedo indicador no ponto A, deslize até o ponto B, observe os sinais sonoros, deslize o dedo até o ponto C, deslize o dedo até o ponto inicial traçando um triângulo A B C” (figura 12).

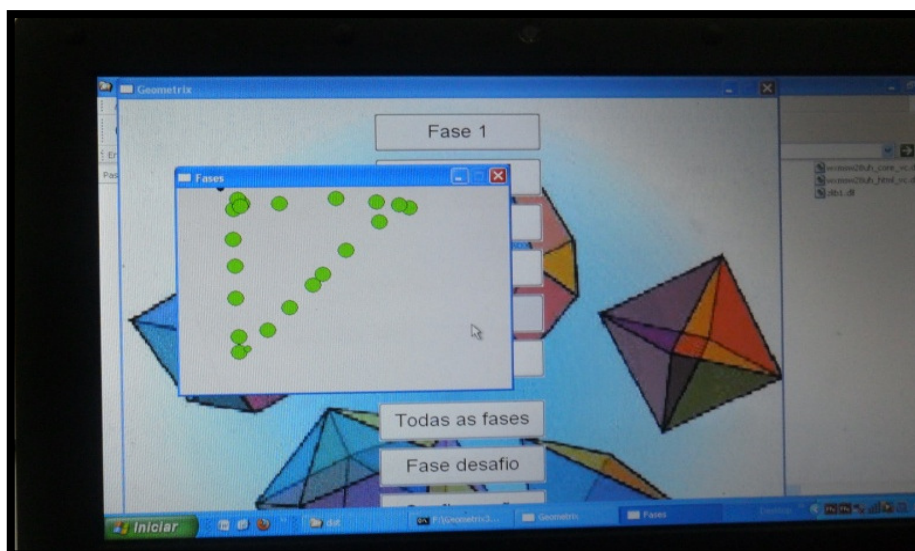


Figura 12 - Triângulo retângulo elaborado pelo aluno

Após a instrução, o aluno ouvirá um sinal informando que pode começar; ele desliza o dedo sobre o tabuleiro, tentando seguir uma reta vertical até atingir o objetivo: chegar ao ponto B. Nesse ponto, ele recebe novamente o mesmo sinal para, então, deslizar o dedo até o ponto C, traçando uma reta na horizontal; por último, ele desliza o dedo até o ponto original A, traçando uma diagonal (figura 13).

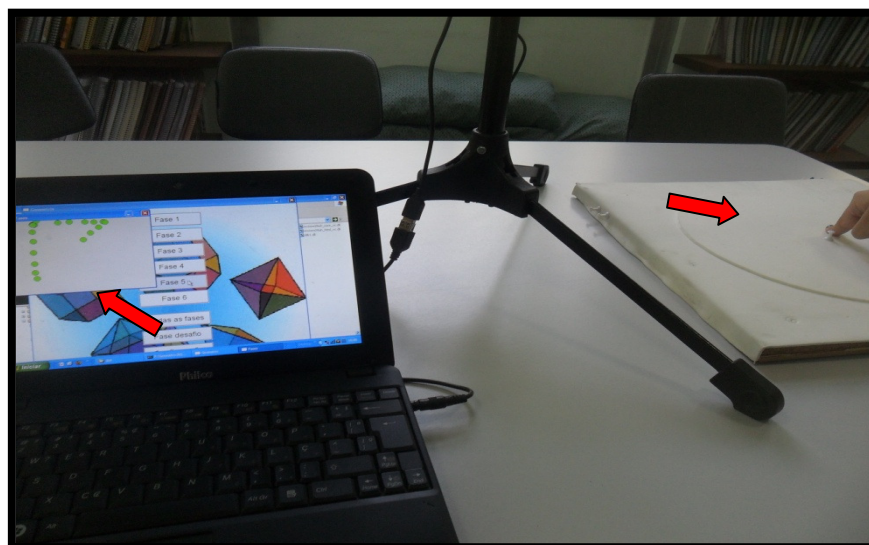


Figura 13 - Triângulo Retângulo

Após a execução, o programa informa ao usuário que a fase foi concluída com sucesso e ele está apto a seguir para a próxima fase.

As recomendações que damos aos alunos para ter sucesso no uso são: no momento de deslizar o dedo sobre o tabuleiro, não forçar muito a ponto de alterar a calibragem da câmera. Quanto à velocidade do deslize, sugere-se que seja reduzida, pois o programa foi configurado para capturar, no mínimo, 5 pontos; a cada 3 segundos, uma nova leitura do tabuleiro é feita, “forçando” que o aluno execute a atividade de forma usual.

Uma observação a ser feita sobre o momento de execução refere-se ao erro. Considera-se erro, quando o usuário afasta o dedo das margens limitadoras colocadas no *software* para cada ponto, ou seja, para executar uma reta, ele deve ter uma coordenação motora estável para que consiga percorrer de forma linear com pouca variação nas lateralidades; caso contrário, o *software* sinalizará, na tela, um ponto preto e um som indicativo de erro (figura 14).

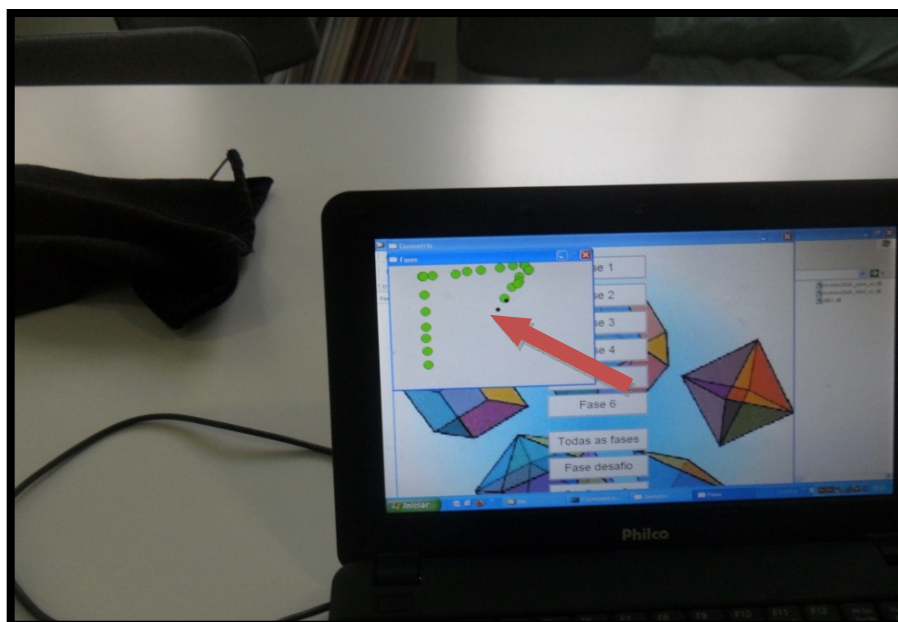
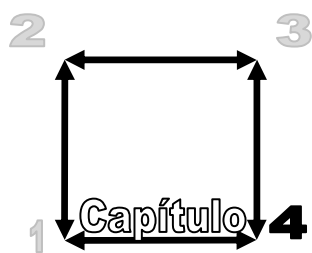


Figura 14 - Triângulo retângulo com sinalização para o erro.

Sendo assim, termina-se a execução da fase 5 e acredita-se que, após esse detalhamento, o aluno e professor consigam executar o programa sem dificuldades.

No próximo capítulo, serão apresentados os recursos computacionais utilizados na elaboração da ferramenta Geometrix.



DESCRIÇÃO TECNOLÓGICA DO GEOMETRIX

*“Só através das tecnologias assistivas
é que o aluno deficiente terá
igualdade de oportunidade nas salas
de aulas”.*
Antonio Borges

Neste capítulo, serão detalhadas a origem e a motivação para o desenvolvimento da ferramenta Geometrix, bem como o processo de criação do ponto de vista computacional. Serão apresentados, também, o processo de implementação e os aspectos metodológicos utilizados durante o desenvolvimento.

4.1 - Origem e Motivação

Em 2000, o DESENVOLVOX foi criado pelos pesquisadores José Antonio Borges (NCE/UFRJ) e Leo Roberto Jensen (TDT/UFF), motivados pela carência de, até aquele momento, não existir ferramenta que pudesse permitir o cego ser mais ativo no campo da geometria, haja vista a necessidade obrigatória do uso da visão. O programa foi elaborado em duas etapas. Na primeira etapa, tinha como objetivo delimitar o escopo do programa e produzir um protótipo que pudesse criar figuras geométricas simples. No segundo momento, já em 2001, o protótipo foi testado junto à turma do 9º ano do ensino fundamental do IBC com o objetivo de verificar a “receptividade” e a “viabilidade” do programa (LIRIO, 2006).

Uma nova versão do programa foi desenvolvida em 2003 e já possuía um número considerável de possibilidades de criar figuras, e o usuário tinha a opção de editar a sua figura no modo cartesiando, modo relativo, modo polar e direcional (LIRIO, 2006). Uma vez escolhido o modo da elaboração da figura e seguir corretamente as instruções para a criação da figura, o construtor poderia imprimir na impressora Braille e conferir o sucesso ou não da figura criada.

Porém, o não sucesso da ferramenta ocorreu justamente por causa da última etapa do processo, a impressão na impressora Braille, porque só teria sentido o projeto se o cego conseguisse elaborar uma figura e ele próprio certificasse o que foi elaborado, e, para essa situação, obrigatoriamente, ele teria que portar uma impressora Braille. Por existirem poucas impressoras Braille no Brasil e a aquisição ser bastante onerosa para o usuário final, o projeto foi descontinuado e uma lacuna continuava aberta. Assim surgiu a ideia de atacar o problema em questão, porém usando outra solução tecnológica que não acarretasse para o usuário final grandes investimentos financeiros.

4.2 – Aspectos tecnológicos do Geometrix

A ferramenta Geometrix é a solução tecnológica que visa possibilitar ao deficiente visual aprender conceitos geométricos de forma autônoma usando como base a interação sonora do sistema DOSVOX, os princípios do DESENVOLVOX descritos na seção 4.1 e recursos físicos (WEBCAM, pedestal, lidipad), (figura 15).



Figura 15 - Recursos usando para o funcionamento do Geometrix

Destacou-se que o núcleo dessa ferramenta é o reconhecimento de imagem usando a WEBCAM, partindo de algumas pesquisas que comprovam a viabilidade de utilizar câmeras no reconhecimento de faces¹⁹, iris²⁰ e placa de carro²¹ e projetou-se sua utilização de forma que atendesse à necessidade de identificar o dedo do usuário sobre o lidipad, de forma que este ouça o *feedback* do posicionamento do seu dedo.

4.2.1 – Materialização do Geometrix

A Arquitetura do Geometrix foi estruturada para que não desse muito trabalho para o usuário, e tão pouco que o custo fosse alto de modo a inviabilizar o projeto. O Geometrix conta com os seguintes recursos:

a) Uma WEBCAM simples (figura 16) que tem a função de capturar o posicionamento do dedo do usuário sobre o lidipad.

¹⁹ Site pesquisado: <http://www2.dc.ufscar.br/~nelson/Invtalks.html>

²⁰ Site pesquisado: http://www.gta.ufrj.br/grad/08_1/iris/index.html#Topic14

²¹ Site pesquisado: <http://www.ic.uff.br/~aconci/CÖNENPLACAS.pdf>



Figura 16 - WEBCAM usada no processo de aplicação do *software* Geometrix

b) Um suporte para posicionar a WEBCAM sobre o lidipad (figura 17). Alternadamente pode ser usada qualquer estrutura firme que atenda a essa necessidade específica.



Figura 17 - Suporte de microfone usado para fixar

c) Um tabuleiro de madeira, 50 cm x 50 cm, revestido com uma camada de cortiça e uma camada de E.V.A. branco para fazer o contraste com o dedo do usuário. Também foram realizadas algumas marcações no tabuleiro com alfinetes para servir de guia para o usuário e para o programa, sendo um alfinete em cada canto do tabuleiro e um alfinete no centro. Ainda foram inseridos, ao centro desse tabuleiro, um círculo em alto-relevo de E.V.A que permitirá, no futuro, trabalhar com assuntos referentes ao círculo trigonométrico (figura 18).

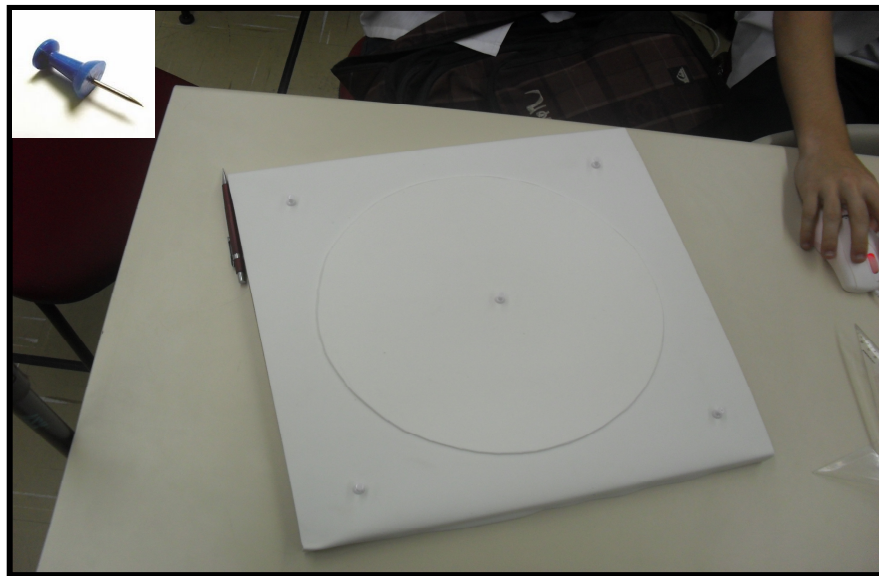


Figura 18 - Lidipad com as marcações feitas com alfinetes

Com esses artefatos de fácil manuseio, acredita-se que o projeto se torne viável para qualquer usuário final.

4.3 – Arquitetura lógica do Geometrix

Na criação dessa ferramenta, chegou-se à conclusão de que desenvolveria seguindo o percurso normal da engenharia de *software* e da prototipagem usando a linguagem denominada *Python* (figura 19).

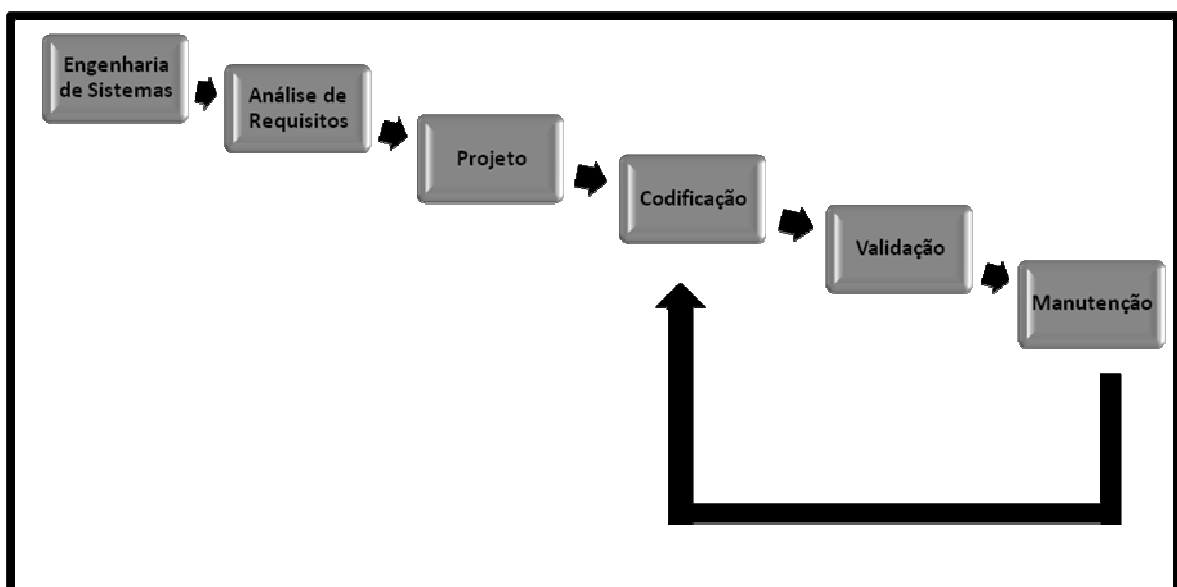


Figura 19 - Ciclo de criação do Software Geometrix

- **Engenharia de Sistemas** → Nesta primeira etapa realizou-se o levantamento de todos os requisitos necessários (conteúdos abordados, imagens, sinalizadores sonoros, teclas de atalhos e outros) para o desenvolvimento da ferramenta junto ao público-alvo e possíveis usuários (alunos, professores e programadores) levando em conta a interface adotada com a inserção de elementos físicos (lidipad, WEBCAM, suporte entre outros).

- **Análise de Requisitos de Software** → Abrange o levantamento das funcionalidades que a ferramenta deve ter, as informações necessárias para a criação das interfaces e a materialização do escopo do programa. Para chegar ao resultado esperado de uma ferramenta interativa e utilizável, também seguiram-se as recomendações que foram definidas para o sistema DOSVOX (BORGES, 2008), tais como:
 - a) A ferramenta deve ser inclusiva, ou seja, que possa ser usada na sala de recursos ou salas de aulas tradicionais;
 - b) Atenda prioritariamente ao público-alvo - os estudantes deficientes visuais;
 - c) Tenha elementos de interatividade multimídia com ênfase no som (efeitos especiais, narrativa em voz gravada e/ou sintetizada e possivelmente trilhas musicais motivacionais);
 - d) Contenha elementos gráficos (imagens e cores);
 - e) Forneça retorno preciso para o usuário sobre seus erros e acertos;
 - f) E, por fim, que seja controlada pelo teclado, mas permitindo, quando necessário, o uso do mouse de forma funcional.

Sendo assim, o Geometrix foi modelado tendo-se por base essas orientações e o levantamento feito *in loco* no ano de 2010, no IBC, de forma que a interface “homem-máquina” permitisse ao aluno estabelecer uma ligação entre os exercícios sugeridos e o contexto significativo da geometria.

- **Projeto** → Esta etapa foi dividida em 4 subetapas distintas, são elas:
 - (i) estrutura de dados - onde foi estabelecida junto aos programadores que tipo de estrutura usar, optou-se pela biblioteca wxPython²²;
 - (ii) arquitetura de software - definiu-se, nesta subetapa, a visão geral do projeto e trataram-se as particularidade de cada parte interessada do projeto;
 - (iii) detalhes procedimentais - nesta subetapa, estabeleceram-se os requisitos necessários para que as novas versões do *software* ocorram de forma evolutiva;
 - (iv) caracterização da interface - onde foram criados alguns padrões de interfaces adaptadas para os deficientes visuais.

- **Codificação** → Etapa de implementação da ferramenta, onde estagiários do Pedro II junto à pesquisadora e liderados pelo Prof^o Antonio Borges desenvolveram o Geometrix usando a linguagem *Python*.

- **Validação** → Após a finalização da codificação, desenvolveram-se testes internos com o programa junto a pessoas e testes funcionais externos para a validação da proposta do Geometrix. Esses testes estão detalhando no capítulo 6.

- **Manutenção** → Geralmente o programa sofre mudanças na etapa de validação, pois pode apresentar erros, mudanças de regras, falta de funcionalidade ou até mesmo acréscimo. Logo, nos testes iniciais, foram identificados: falta de instruções, exigência de mais sinalizadores sonoros e táteis, ajustes nas falas e aceleração do tempo de resposta. Com isso, voltou-se para a etapa de codificação e seguidamente para a validação a fim de chegar-se a uma versão estável para aplicação junto aos alunos.

²² Detalhamento dessa biblioteca em <http://www.wxpython.org/>.

- **Descrição dos módulos do Geometrix**

Pela complexidade da proposta, todo o programa foi desenvolvido em módulos separados de forma que, ao final, um arquivo principal consolidasse todos os módulos para executar o programa na sua totalidade (figura 20).

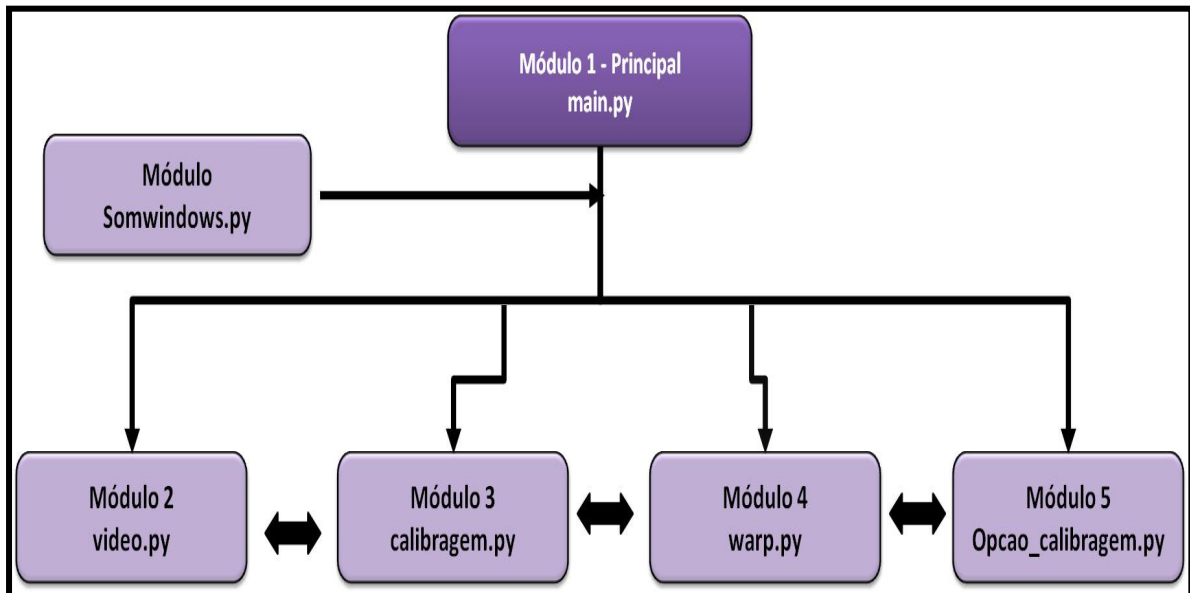


Figura 20 - Arquitetura lógica do Geometrix

a) Módulo vídeo

O módulo video.py foi desenvolvido para o usuário posicionar a câmera sobre o lidipad de forma que todos os pontos sobressalentes do tabuleiro fiquem dentro do foco da câmera, ou seja, a câmera tem que capturar todos os pontos marcados do tabuleiro. Para realização dessa tarefa, criou-se um conjunto de rotinas, tais como:

- (i) rotina `__init__` - Busca o caminho da câmera (Número da câmera, mostrar câmera em tela separada 0(sim)/1(não));
- (ii) rotina `displayPropertyPage` - Exibe as propriedades da câmera.
- (iii) rotina `displayCaptureFilterProperties` – Responsável pelos filtros da câmera;
- (iv) rotina `setResolution` - Aplica a resolução da câmera;
- (v) rotina `getBuffer` - Recebe a velocidade de leitura da câmera;
- (vi) rotina `getImage` - Tira uma foto;
- (vii) rotina `saveSnapshot` - Salva uma foto da câmera.

b) Módulo calibragem

O módulo de calibragem (calibragem.py) da câmera foi desenvolvido com o intuito de realizar as primeiras marcações que servem de guia para o usuário e o programa. Assim, o sistema captura a 1ª imagem do tabuleiro e solicita que o usuário coloque o dedo indicador nos pontos pré-determinados, fazendo uma matriz em Z; então, o sistema retorna com medidas (em píxeis) criando as primeiras marcações (calibração da câmera). Para esse módulo, foram desenvolvidas as seguintes rotinas:

- (i) rotina __init__ - Inicia a câmera e tira a primeira foto do lidipad;
- (ii) rotina dedo - Procura o dedo da pessoa.
- (iii) rotina calib - Liga os quatro pontos extremos para fazer a calibragem;
- (iv) rotina calc - Calcula a posição geométrica do último ponto;
- (v) rotina desenha - Exibe a visão da câmera na tela;
- (vi) rotina dtest - Exibe os pontos de calibragem na tela junto com a visão da câmera.

c) Módulo de cálculo do mapeamento inverso da projeção (warping)

A imagem que é obtida pela câmera a partir da filmagem do lidipad é uma projeção em perspectiva²³ de um objeto (figura 21). Uma característica fundamental da perspectiva é o fato de que as distâncias representadas na perspectiva referentes a objetos colocados mais longe são representadas com distâncias menores do que as distâncias referentes a objetos próximos. Dessa forma, a imagem obtida de um quadriculado²⁴, como mostrada na figura 22a, ao ser exibida em perspectiva, não pode ser pensada simplesmente como resultado de uma interpolação bilinear, como mostrado na figura 22b, mas sim com uma aparência similar à mostrada na figura 22c.

²³A perspectiva é um tipo de projeção que tenta simular a sensação visual. Uma foto, por exemplo, é uma imagem em perspectiva. Sua característica mais marcante é que as distâncias representadas variam de acordo com a profundidade. Uma propriedade importante da perspectiva, usada em diversos processos construtivos manuais, é que linhas paralelas no objeto visualizado convergem todas para um único ponto na perspectiva (ponto de fuga).

²⁴Esse quadriculado pode ser visto como uma simplificação de um Lidipad.

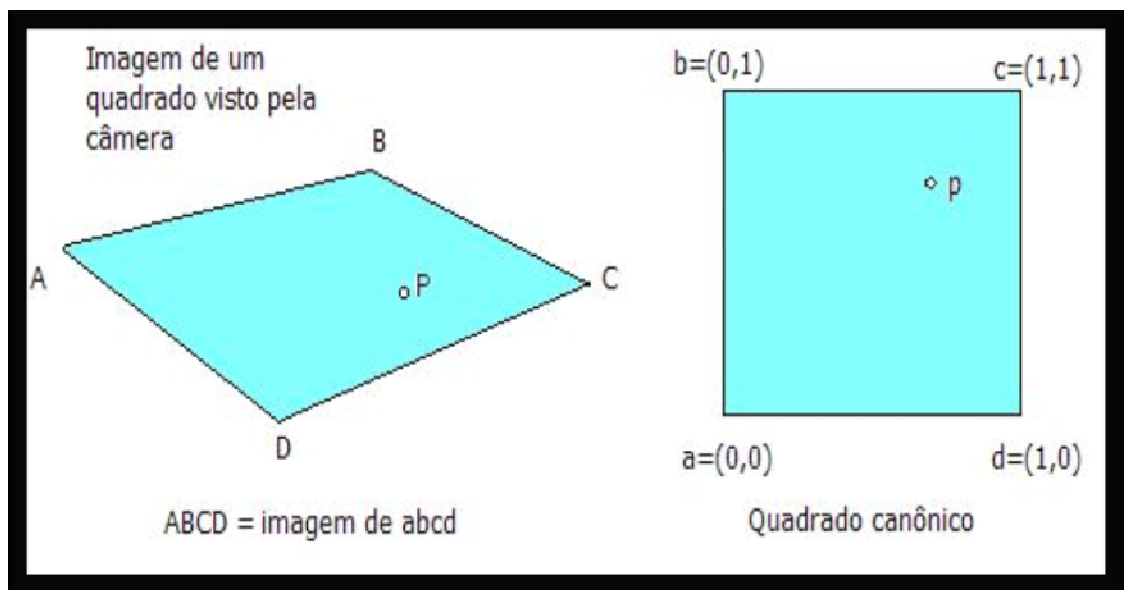


Figura 21 - Mapeamento de pontos da projeção sobre coordenadas canônicas.

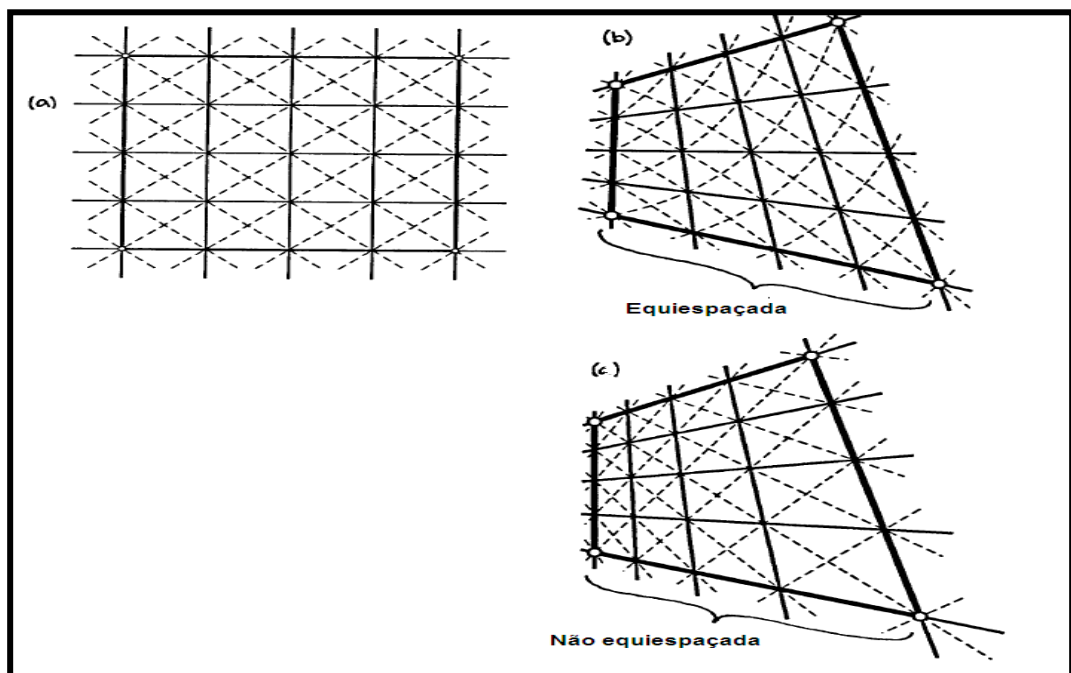


Figura 22 - Mapeamento de pontos nas projeções bilinear e perspectiva.

A tarefa a ser realizada pelo programa consiste em calcular, a partir de um ponto da imagem (projeção), qual é o ponto no espaço que deu origem àquela

projeção. Para resolver este problema é preciso fazer uso de técnicas de geometria projetiva, tema que transcende o foco desta pesquisa²⁵.

Como alternativa de abordagem ao problema, tentou-se encontrar alguma implementação similar na Internet. Após intensa e quase infrutífera busca, foi localizada uma única implementação recente, criada na linguagem C#, em que um problema similar tinha sido resolvido. Nessa implementação, produzida pelo então aluno de doutorado da Universidade Carnegie Mellon, em 2008, Johnny Lee como parte de sua pesquisa, uma câmera “olha” para pontos de um polígono distorcido (imagem que a câmera obtém para um retângulo focalizado não ortogonalmente) e essa rotina o transforma em coordenadas 2D canônicas²⁶.

Analisando cuidadosamente o código fonte dessa implementação (LEE, 2008), infelizmente criada com poucos comentários e explicações técnicas, descobriu-se que Johnny Lee baseou seus cálculos de *warping* numa solução matemática que foi descrita na tese de mestrado de um dos pioneiros da computação gráfica, Paul Heckbert (HECKBERT, 1983), texto em que criou os fundamentos do mapeamento de texturas sobre superfícies que são muito usados em computação gráfica.

Essa técnica de cálculo descrita por Heckbert, criada originalmente para mapeamento de texturas sobre superfícies planas, é baseada na solução de um sistema de equações lineares, descrito com base em 8 parâmetros (as coordenadas x , y de quatro pontos do objeto a mapear e seus quatro pontos equivalentes na projeção). A partir desse sistema de equações, um ponto x,y projetado em perspectiva pode ser transformado em seu correspondente x,y do objeto original. Por conveniência, a solução é implementada usando técnicas de álgebra linear cuja implementação em computadores é muito eficiente. Através dessa técnica, o sistema de equações é descrito por uma matriz bidimensional (conhecida como matriz de transformação) que, ao ser multiplicada pela matriz coluna que representa as coordenadas da projeção, produz uma matriz coluna que contém a projeção. A descrição completa da matemática utilizada no cálculo da matriz de transformação pode ser encontrada na tese de (HECKBERT, 1983, pág. 17 a 20).

²⁵ A linguagem Python também não oferece rotinas específicas em suas bibliotecas para tratar deste problema, o que nos obrigou a fazer uma codificação completa dos cálculos envolvidos.

²⁶ Uma coordenada é dita canônica quando pode variar entre (0,0) e (1,1).

Por conveniência, o algoritmo foi implementado considerando que o objeto original projetado (o lidipad) é um objeto quadrado canônico, ou seja, em que os cantos são representados pelas coordenadas entre 0 e 1. Este programa, portanto, usa o algoritmo de Heckbert (na verdade uma conversão para Python da implementação de Johnny Lee), para gerar a matriz de transformação que, ao ser aplicado a um ponto $P=[x, y]$ da imagem projetada, leva-o a um ponto canônico $p=[u, v]$ (figura 23). Em outras palavras, os pontos $[x,y]$ serão os pontos capturados na imagem e os pontos $[u,v]$ serão os pontos aos quais eles se referem num lidipad canônico.

d) Módulo opção_calibragem

Este módulo contém as rotinas que permitem ao usuário escolher que tipo de calibragem deseja executar, sendo as opções manual e automática. A manual será executada no primeiro acesso do usuário à ferramenta e está condicionada para o usuário vidente realizá-la devido às marcações solicitadas e a visualização necessária para enquadrar os pontos dentro do campo visual da câmera. Já a calibragem automática pode ser executada pelo usuário deficiente, pois se utilizam os dados armazenados da calibragem anterior (figura 23). Neste módulo criaram-se as seguintes rotinas:

- (i) rotina `__init__` - Tira foto do tabuleiro;
- (ii) rotina `calibcam` - Calibra a partir do dedo nos pontos em sequência Z.
- (iii) rotina `calibmanual` - Calibra a partir de dados vindos do tabuleiro;
- (iv) rotina `calibauto` - Calibra automaticamente com os dados antigos salvos em um arquivo de texto.

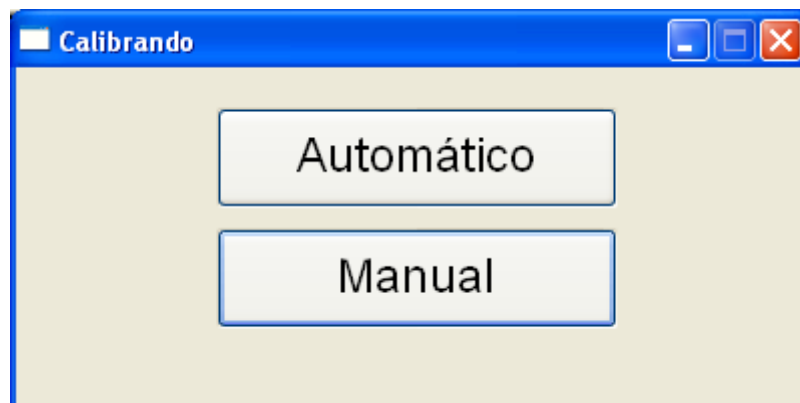


Figura 23 - Janela para calibrar a câmera

e) Módulo principal

Por último, criou-se o módulo principal (Main.py) que invoca todos os módulos com a finalidade de criar as lógicas dos exercícios para executá-los de forma sistemática e organizar as telas e menus da ferramenta. Para esse módulo principal, criaram-se as rotinas:

- (i) rotina `__init__` - Carrega todas as imagens;
- (ii) rotina `exercponto` - Função dos exercícios que procuram pontos no tabuleiro os quais são pedidos pela fase.
- (iii) rotina `exercclinha` - Função dos exercícios que procuram linhas (horizontais, verticais ou diagonais) no tabuleiro as quais são pedidas pela fase;
- (iv) rotina `Faseum` - Lógica da Fase 1;
- (v) rotina `Fasedois` - Lógica da Fase 2;
- (vi) rotina `Fasetres` - Lógica da Fase 3;
- (vii) rotina `Fasequatro` - Lógica da Fase 4;
- (viii) rotina `Fasecinco` - Lógica da Fase 5;
- (ix) rotina `Faseseis` - Lógica da Fase 6;
- (x) rotina `Desafio` - Lógica da Fase Desafio;
- (xi) rotina `Quad1` - Lógica da Fase Quadrantes 1;
- (xii) rotina `Quad2` - Lógica da Fase Quadrantes 2;
- (xiii) rotina `Ang1` - Lógica da Fase Ângulos 1;
- (xiv) rotina `Ang2` - Lógica da Fase Ângulos 1;
- (xv) rotina `Sc1` - Lógica da Fase Seno/Cosseno 1;

- (xvi) rotina Sc2 - Lógica da Fase Seno/Cosseno 2;
- (xvii) rotina Sc3 - Lógica da Fase Seno/Cosseno 3;
- (xviii) rotina Sc4 - Lógica da Fase Seno/Cosseno 4;
- (xix) rotina Sc5 - Lógica da Fase Seno/Cosseno 5;
- (xx) rotina Sc6 - Lógica da Fase Seno/Cosseno 6;
- (xxi) rotina update - Lógica das posições das telas e de seus botões;
- (xxii) rotina draw - Desenha todas imagens na tela.

Ressalta-se que, em paralelo a esses módulos, criou-se o módulo de som (somWindows.py) fundamental na execução do Geometrix, pois trata-se da rotina do sintetizador de voz que permeia todas as etapas do programa. No tópico abaixo, descreve-se uma fase com o foco nas etapas da programação.

4.4 – Detalhamento da fase 5 – nível fácil

No nível fácil do Geometrix, são executadas 7 fases: da fase 1 à 6, o usuário executa os exercícios básicos de geometria, como criar retas ou polígonos simples. Na última fase, um pequeno jogo de localização de pontos, semelhante ao jogo tradicional Genius²⁷ (o jogador é desafiado a memorizar sequência de cores e sons), é implementado com o propósito de complementar o aprendizado e trazendo o lado lúdico que o programa também se propõe para futuras versões.

Para exemplificar a forma como o usuário finaliza uma fase, descreveu-se a fase 5 – nível fácil. Na rotina dessa fase, o usuário ouve a solicitação através do sintetizador de voz e, na sequência, executa o procedimento de criação do triângulo. Por exemplo: o sintetizador fala “deslize o dedo do ponto (A) ao ponto (B) e do ponto (B) até o ponto (C) e do ponto (C) até o ponto de origem (A)”. Nesse momento, o usuário movimenta o dedo de um ponto ao outro e, na tela do computador, aparecem pontos verdes de forma sequencial mais um som sinalizador de acerto. Concluída essa sequência, o usuário é informado que está apto a seguir para a próxima fase (figura 24). Caso contrário, se ele estiver deslizando o dedo fora do limite estabelecido, na tela surgem pontos pretos e um som sinaliza o erro, informando-o que deve reiniciar o procedimento.

²⁷ Site consultado: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Genius_\(jogo\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Genius_(jogo))

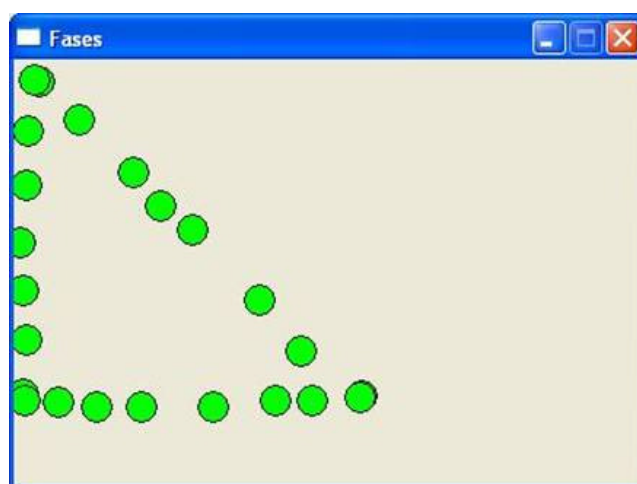
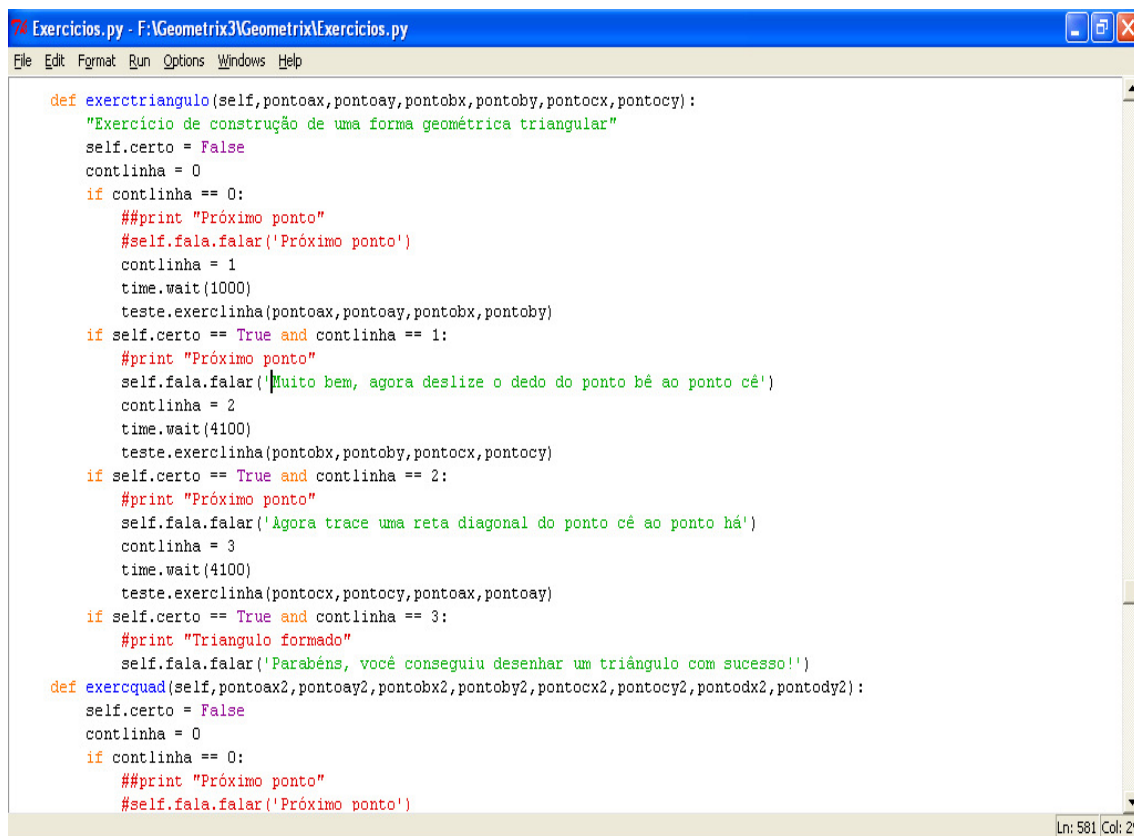


Figura 24 - Triângulo retângulo executado por usuário

Por traz dessa execução, dentro do módulo Main.exe, foi introduzida uma rotina para que, a cada 3 segundos²⁸, o programa varra o tabuleiro para detectar o ponto em que o dedo está localizado; caso o ponto esteja no limite determinado para elaboração de uma reta, por exemplo, o sistema apresenta, na tela, o ponto verde; caso contrário, será apresentado o ponto preto sinalizando um erro.

Note-se que, para cada exercício, foi estipulada, dentro do módulo principal (main.exe), uma rotina que será invocada no momento que o usuário definir qual fase executar (figura 25); sendo assim, essa é a descrição de como funcionam as fases do Geometrix, existindo particularidades para cada exercício.

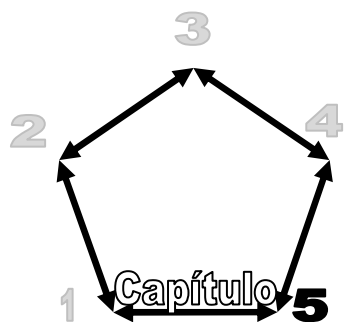
²⁸ Foi definido pelos programadores por ser um tempo adequado para a captura de pontos realizada pela movimentação do dedo do usuário sobre o lidipad.



```
def exercetriangulo(self, pontoax, pontoay, pontobx, pontoby, pontocx, pontocy):
    "Exercício de construção de uma forma geométrica triangular"
    self.certo = False
    continha = 0
    if continha == 0:
        ##print "Próximo ponto"
        #self.fala.falar('Próximo ponto')
        continha = 1
        time.wait(1000)
        teste.exerclinha(pontoax, pontoay, pontobx, pontoby)
    if self.certo == True and continha == 1:
        #print "Próximo ponto"
        self.fala.falar('Muito bem, agora deslize o dedo do ponto b ao ponto c')
        continha = 2
        time.wait(4100)
        teste.exerclinha(pontobx, pontoby, pontocx, pontocy)
    if self.certo == True and continha == 2:
        #print "Próximo ponto"
        self.fala.falar('Agora trace uma reta diagonal do ponto c ao ponto h')
        continha = 3
        time.wait(4100)
        teste.exerclinha(pontocx, pontocy, pontoax, pontoay)
    if self.certo == True and continha == 3:
        #print "Triângulo formado"
        self.fala.falar('Parabéns, você conseguiu desenhar um triângulo com sucesso!')
def exercquad(self, pontoax2, pontoay2, pontobx2, pontoby2, pontocx2, pontocy2, pontodx2, pontody2):
    self.certo = False
    continha = 0
    if continha == 0:
        ##print "Próximo ponto"
        #self.fala.falar('Próximo ponto')
```

Figura 25 - Código que representa a classe da fase 5 - Criação de um triângulo

No próximo capítulo, serão descritos os experimentos e resultados obtidos e aplicados ao grupo de controle (Alunos videntes do 8º e 9º ano) e ao grupo experimental (alunos deficientes visuais do 9º ano).



AVALIAÇÃO DA FERRAMENTA GEOMETRIX E ANÁLISE DOS RESULTADOS

“Não há ensino sem pesquisa e pesquisa sem ensino (...) Enquanto ensino, continuo buscando, reprocurando. Ensino porque busco, porque indaguei, porque indago e me indago. Pesquisa para constatar, constatando, intervenho, intervindo, educo e me educo. Pesquisa para conhecer o que ainda não conheço e comunicar ou anunciar a novidade.”
PAULO FREIRE (2002²⁹)

Este capítulo está dividido em duas partes. Na primeira parte são apresentados os métodos que conduziram a pesquisa, a aplicação e os indicativos para a obtenção dos resultados. A segunda parte mostra os resultados obtidos a partir da pesquisa observacional, o estudo piloto e os estudos de caso, além de apresentar os indicativos que comprovam a hipótese levantada para esta pesquisa.

²⁹FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 25ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 2002.

5.1 – Parte I: Esquematização da proposta

Esta seção tem a finalidade de apresentar a metodologia empregada para a validação do Geometrix como uma ferramenta educativa para o ensino de geometria dos alunos deficientes visuais. Esse processo foi esquematizado em 4 etapas, conforme apresentado na figura 26.

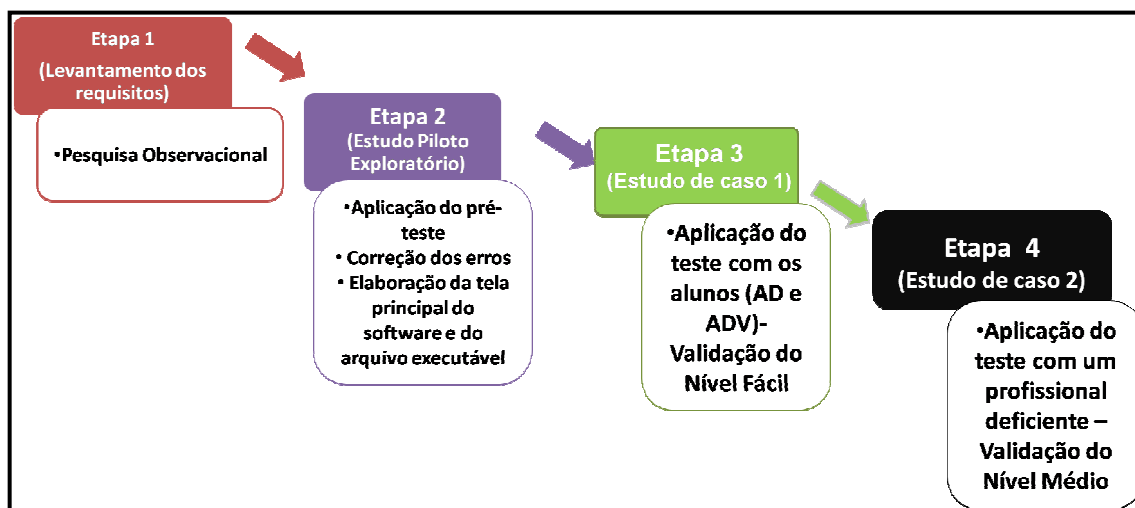


Figura 26 – Esquematização da pesquisa

5.1.1 - Etapa 1 - Levantamento dos Requisitos

O processo de criação da ferramenta foi iniciando com uma pesquisa observacional *in loco* (IBC), durante o período de março a novembro de 2010, onde as aulas de geometria das turmas de 8º e 9º ano foram acompanhadas pela pesquisadora com a finalidade de observar os procedimentos usados para o ensino de geometria, afim de levantar os requisitos necessários para a criação do Geometrix e entender o universo educacional dos alunos deficientes visuais.

Logo, para o levantamento de requisitos foram observados os seguintes itens:

- (i) **Materiais pedagógicos** – Verificar quais recursos o professor utiliza no ensino da geometria;
- (ii) **Metodologia de ensino** – Analisar como o professor leciona a disciplina usando os materiais pedagógicos;
- (iii) **Dificuldades em aprender geometria** – Analisar as razões das dificuldades em aprender geometria usando os recursos oferecidos pelo professor;

(iv) **Material de apoio** – Analisar os materiais disponíveis para os alunos que possuem dificuldades no decorrer das aulas.

Esse levantamento foi fundamental para o desenvolvimento da proposta, pois proporcionou indicativos relevantes para o ideal de uma ferramenta computacional para o ensino de geometria dos alunos deficientes visuais. A análise sobre esses aspectos estão retratados na seção 5.2.1.

Sendo assim, após essa etapa, passou-se por um período de formulação da ferramenta para, então, iniciarem-se os testes com o Geometrix.

5.1.2 – Etapa 2 - Estudo Piloto Exploratório

Após o levantamento de requisitos e elaboração do primeiro protótipo, realizou-se um estudo piloto exploratório com a participação de pessoas videntes temporariamente vendadas, ou não, e pessoas cegas, no período de Nov/2010 à Mar/2011 no Centro de Apoio Educacional ao Cego - CAEC (NCE/UFRJ), sendo a finalidade desse estudo testar a usabilidade do Geometrix e chegar numa versão que pudesse atender o objetivo central da ferramenta. Esse estudo teve 4 momentos e, ao final de cada um, as sugestões de cada testador foram analisadas e implementadas (figura 27). As análises desse estudo estão conjecturadas na seção 5.2.2.

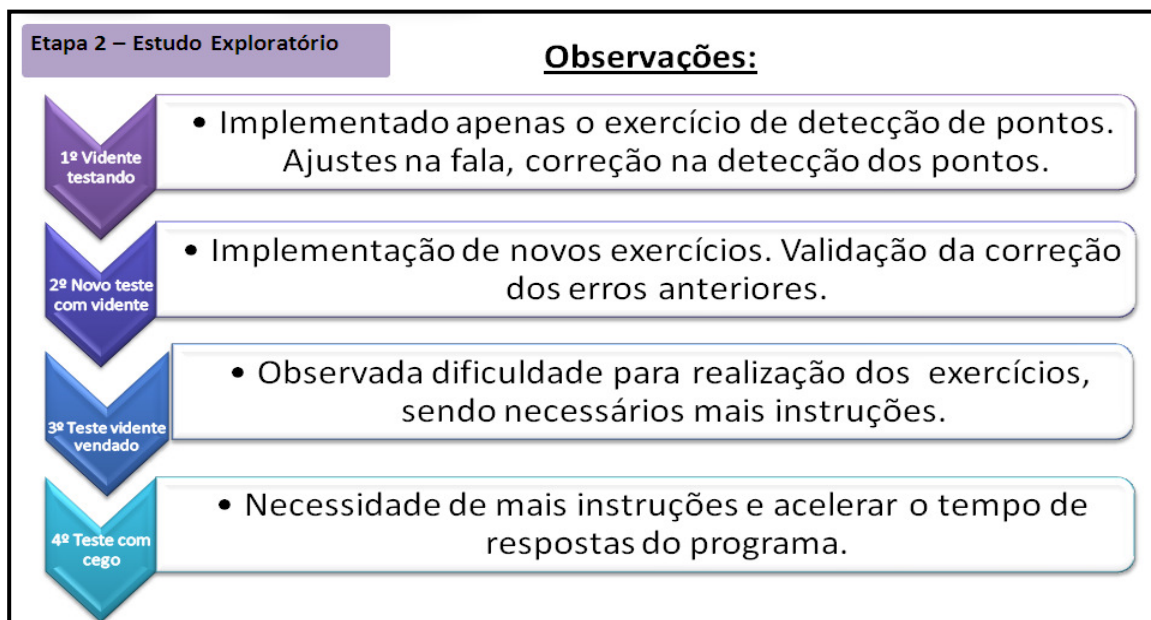


Figura 27 – Descrição do estudo piloto exploratório

Ao final dessa etapa, gerou-se o arquivo executável da ferramenta, sendo a tela introdutória do Geometrix apresentada na figura 28.

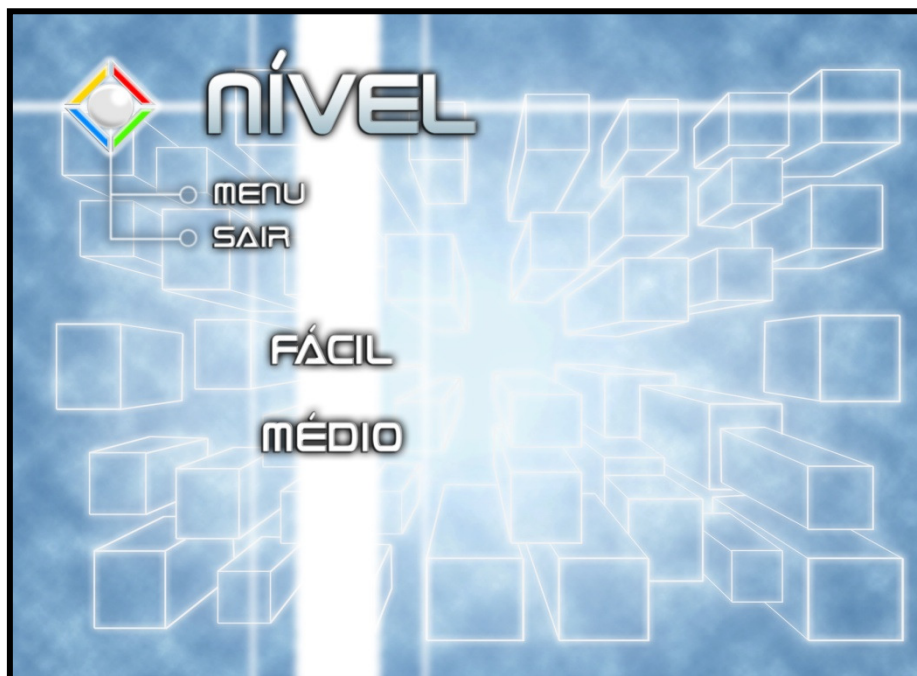


Figura 28 - Tela introdutória do Geometrix

5.1.3 – Estudo de caso

Para a validação do Geometrix, realizaram-se dois estudos de casos. O primeiro teve como objetivo testar o nível fácil da ferramenta; o segundo, testar o nível médio da ferramenta.

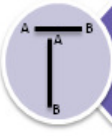
O nível fácil possui exercícios referentes aos conceitos de ponto, retas, diagonais e polígonos regulares (figura 29) e, por essa característica, realizaram-se os testes com Alunos Videntes (AV) e alunos deficientes visuais (A_DV) e seus respectivos professores (P_AV = Professores dos Alunos Videntes e P_ADV = Professores dos Alunos Deficientes Visuais) de matemática fora do horário de aula.

Exercícios sugeridos:

●

Exercício 1

Localizar pontos no tabuleiro (central e os 4 dos cantos);



Exercício 2

Traçar retas horizontais e verticais;



Exercício 3

Traçar diagonais;



Exercício 4

Traçar um triângulo retângulo;



Exercício 5

Traçar um quadrado;

Figura 29 - Exercícios - Nível Fácil

O nível médio possui exercícios mais elaborados (localização dos quadrantes e localização do seno e cosseno dos ângulos de 30° , 45° e 60° e medidas dos ângulos de 90° , 180° , 270° e 360° - figura 30), com conceitos ainda não aprendidos pelos alunos no período de aplicação; logo, optou-se por realizar o teste com um profissional de informática deficiente visual.

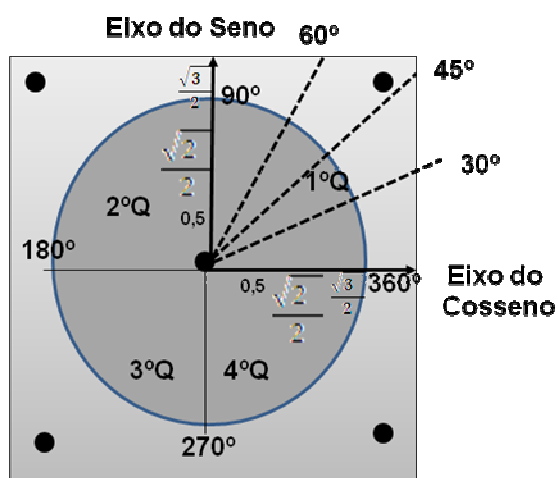


Figura 30 - Exercícios - Nível Médio

5.1.3.1 – Etapa 3 - Estudo de Caso 1

O estudo de caso 1 foi realizado com dois grupos distintos, pois percebeu-se, ao longo da pesquisa, que essa ferramenta poderia não só auxiliar alunos deficientes visuais nas práticas de sala de aula, mas também alunos das escolas tradicionais, tornando o Geometrix uma ferramenta inclusiva.

Logo, o primeiro grupo foi composto por 18 AV (8 alunos do 8º ano e 10 alunos do 9º ano) e 3 P_AV do ensino regular com aulas tradicionais de geometria. A aplicação nesse grupo ocorreu no período de maio de 2011, sendo a participação desses alunos voluntária.

O segundo grupo foi formado por 12 ADV (3 alunos do 8º ano e 9 alunos do 9º ano) e 3 P_ADV. Desses, 1 aluno e 1 professor com visão subnormal, 11 alunos com perda total. Os alunos estão matriculados na escola especializada em educação de deficientes visuais (Instituto Benjamin Constant). O teste ocorreu em julho de 2011 no próprio IBC e com o acompanhamento dos professores.

Para aplicação do teste com os ADV e AV foi desenvolvida a seguinte rotina:

- (i) Informação sobre a proposta da ferramenta;
- (ii) Apresentação dos artefatos físicos (lidipad, WEBCAM, pedestal) que compõem a ferramenta.
- (iii) Aplicação do questionário III, (anexo C);
- (iv) Realização da calibração da câmera;
- (v) Intervenção para explicar o manuseio da ferramenta;
- (vi) Execução do exercício sem intervenção;
- (vii) Aplicação do questionário IV, (anexo D);

Quanto aos P_ADV e P_AV, foi solicitada a participação no acompanhamento do experimento. Antes do experimento, foi aplicado o questionário I (Anexo A) e, ao final, o questionário II (Anexo B).

As conclusões obtidas nesse estudo de caso estão consolidadas na seção 5.2.3.1.1.

5.1.3.2 – Etapa 4 – Estudo de caso 2

O estudo de caso 2 foi feito com um profissional DV. O objetivo era testar os exercícios do nível médio; porém, foram analisados outros aspectos como a precisão na execução, a capacidade de abstração do usuário e a interação do usuário com a ferramenta. Na seção 5.2.3.2, são descritos os resultados desse estudo.

5.1.3.3 – Instrumentos usados para a coleta de dados

A) Alunos

Com o objetivo de levantar o perfil dos alunos envolvidos na pesquisa, foi aplicado o questionário III (Anexo C) antes de iniciarem o experimento. Esse questionário possui 17 perguntas no total, sendo de 1 a 15 aplicadas para o levantamento do perfil e as perguntas 16 e 17 para o levantamento dos requisitos. Os resultados relevantes estão retratados nas seções 5.2.3.1.1 e 5.2.3.1.2 e, os demais, fichados no apêndice C.

Ao final do experimento, foi aplicado o questionário IV (Anexo D) com o objetivo de gerar subsídio para validação do Geometrix. Esse questionário possui 8 perguntas sendo de 2 a 7 perguntas fechadas baseadas na escala de Likert com 5 variações: de 1 “Não concordo totalmente” até 5 “Concordo totalmente” e 2 perguntas (1 e 8) abertas para os pesquisados expressarem suas opiniões. Os resultados com maior expressividade estão contemplados na seção 5.2.3.1.3 e os demais no apêndice D.

B) Professores

Quanto ao levantamento do perfil dos professores, foi aplicado o questionário I (Anexo A) antes de eles assistirem ao experimento. Esse questionário possui 18 perguntas no total, sendo de 1 a 11 perguntas referentes ao levantamento de perfil e de 12 a 18 o levantamento de requisitos. Nas seções 5.2.3.1.1 e 5.2.3.1.2 são

apresentados os resultados significativos para a materialização da pesquisa, e o apêndice A comporta todos os resultados levantados nesse questionário.

Ao final do experimento, foi aplicado o questionário II (Anexo B) com a finalidade de validar a proposta do Geometrix. Esse questionário contém 5 perguntas no total, sendo as 4 primeiras perguntas fechadas e baseadas na escala de Likert com 5 variações: de 1 “Não concordo totalmente” até 5 “Concordo totalmente” e as perguntas 5 e 6 refletem a opinião do professor sobre o uso do Geometrix. Nas seções 5.2.3.1.2 e 5.2.3.1.3 são apresentados os resultados obtidos e, no apêndice B, apresentam-se todos os resultados obtidos na aplicação desse questionário.

C) Validação da Hipótese

Tendo como objetivo validar a hipótese formulada para esta pesquisa, além dos instrumentos descritos acima, optou-se por se criar dois procedimentos para complementação do processo de validação. Sendo assim, desenvolveram-se um estudo comparativo do desempenho dos alunos no período da realização dos exercícios e um estudo de opinião baseado nos depoimentos dos participantes a partir das perguntas discursivas dos questionários II e IV.

Para o estudo comparativo, foram criadas duas tabelas que representam o desempenho dos dois grupos e aplicou-se uma escala com 3 níveis para classificar esse desempenho (fácil, médio e difícil) no momento da execução de cada exercício. As tabelas e os resultados obtidos estão apresentados na seção 5.2.3.1.3.

Quanto ao estudo de opinião, optou-se por escolher de forma aleatória os depoimentos de alunos e professores o qual justifica a proposta do Geometrix. Esses relatos estão apresentados na seção 5.2.3.1.3.

5.2 – Parte II: Análise dos resultados

5.2.1 - Pesquisa observacional

Tendo como foco o levantamento de requisitos necessários para a criação do Geometrix, esta seção apresenta a percepção da pesquisadora referente aos aspectos constantes na seção 5.1.1.

Então, pode-se afirmar que:

(i) Materiais pedagógicos – Desenvolvidos pelos professores, os materiais são caracterizados por serem concretos e com sinalização em alto-relevo. Não possuem livros didáticos, somente apostilas criadas pelo professor com conteúdos estabelecidos por ele.

(ii) Metodologia de ensino – O professor usa apostilas para passar o conceito, depois realiza analogias com a realidade do aluno (exemplo: um ponto corresponde ao ponto Braille, ou um grão de areia) e em seguida propõe exercícios usando materiais concretos ou exercícios ditados pelo professor.

(iii) Dificuldades em aprender geometria – as principais dificuldades apresentadas pelos alunos são: (i) abstrair conceitos concretos passados pelos professores; (ii) a apostila em Braille com erros³⁰; (iii) manipular os materiais fornecido pelo professor.

(iv) Material de apoio – não possuem materiais de apoio.

Porém, os itens que mais se destacaram foram (ii) e (iii). Para exemplificar, em uma aula onde o professor ensinava conceitos de pontos, retas, diagonais e vértices para 8 alunos do 9º ano, ele gastou 4 tempos de 50 minutos usando a metodologia habitual e intervenções até que todos obtivessem sucesso e compreendido os conteúdos.

A partir destas observações, foram levantados os seguintes requisitos necessários para criação do Geometrix:

³⁰ As apostilas de geometria contêm erros de sinalização matemática, pois o técnico responsável em imprimi-las em Braille não domina o código unificado usado nas aulas, essa situação foi constatada pela pesquisadora durante a pesquisa observacional.

- (i) Ser de fácil manuseio, com sinalizadores táteis que auxiliam na manipulação da ferramenta;
- (ii) Prover autonomia para realização das tarefas;
- (iii) Fornecer *Feedback* auditivo de forma a orientar o aluno corretamente;
- (iv) Servir de material de apoio para as aulas de geometria.

Sendo assim, com base nesses requisitos, desenvolveu-se o primeiro protótipo que foi testado no final de 2010 e início de 2011.

5.2.2 – Estudo Piloto Exploratório

Para chegar neste protótipo e realizar o estudo piloto exploratório, durante o 2º semestre de 2010, desenvolveram-se algumas propostas baseadas no método de “tentativa e erro”. Na primeira tentativa, optou-se por criar o Geometrix baseado na identificação de materiais manipuláveis em 3D, mas o programa não identificou as figuras em 3D com precisão. Na segunda, a escolha foi pelo uso de figuras feitas em E.V.A. a serem identificadas sobre a mesa usando uma WEBCAM, porém essa tentativa também fracassou, pois a luz do ambiente inibia a identificação das figuras. Por fim, foi utilizado um tabuleiro com algumas marcações em relevo e a identificação do dedo do usuário, tentativa essa que melhor atendeu os requisitos levantados, tornando o primeiro protótipo testável.

Então, no primeiro momento do estudo piloto exploratório, foi testada a viabilidade da ferramenta com os recursos de detecção de imagens, somente com o exercício de identificação de pontos no tabuleiro, onde constatou-se que seria possível o programa reconhecer o dedo do usuário sobre os pontos do tabuleiro, mas também que deveria ser ajustado à fala do sintetizador de voz para que o usuário compreendesse o que estava sendo solicitado e corrigir a detecção de pontos. Esse teste foi realizado com três pessoas videntes.

No segundo momento, as três pessoas videntes testaram a ferramenta com as implementações sugeridas, acrescida dos exercícios de traçar retas e diagonais. Concluiu-se que, o sincronismo do sintetizador de voz com os exercícios ficou estável, mas a detecção de pontos precisava ser refinada.

No terceiro momento, as três pessoas foram vendadas para a realização dos exercícios, simulando um usuário cego, e concluiu-se que as poucas instruções que

a ferramenta possuía na ocasião, influenciaram no resultado final, pois os candidatos não conseguiram realizar os exercícios e ficaram “perdidos”, sem conseguirem se localizar no tabuleiro, o que motivou a inclusão de novas instruções para melhorar a orientação dos usuários.

No quarto e último momento, um deficiente visual, com conhecimento técnico de programação, testou a ferramenta, e concluiu-se que a mesma ainda necessitava de mais instruções para guiar o usuário sobre o tabuleiro durante os exercícios, e que o tempo de resposta também deveria ser mais ágil.

Dessa forma, à medida que os testes foram sendo realizados, os ajustes foram implementados gradativamente, e chegou-se a uma versão estável para aplicação junto aos alunos videntes e deficientes visuais.

5.2.3 - Estudos de caso

Conforme descrito na seção 5.1.3, foram realizados dois estudos de caso para validar o Geometrix utilizando dois níveis de dificuldade: (i) Fácil e (ii) Médio.

5.2.3.1 - Estudo de caso 1: Nível fácil

5.2.3.1.1 - Análise do perfil das amostras

Para o nível fácil da ferramenta, dividiram-se alunos e professores em 2 grupos conforme descrito na seção 5.1.3.1 e representados graficamente na figura 31.

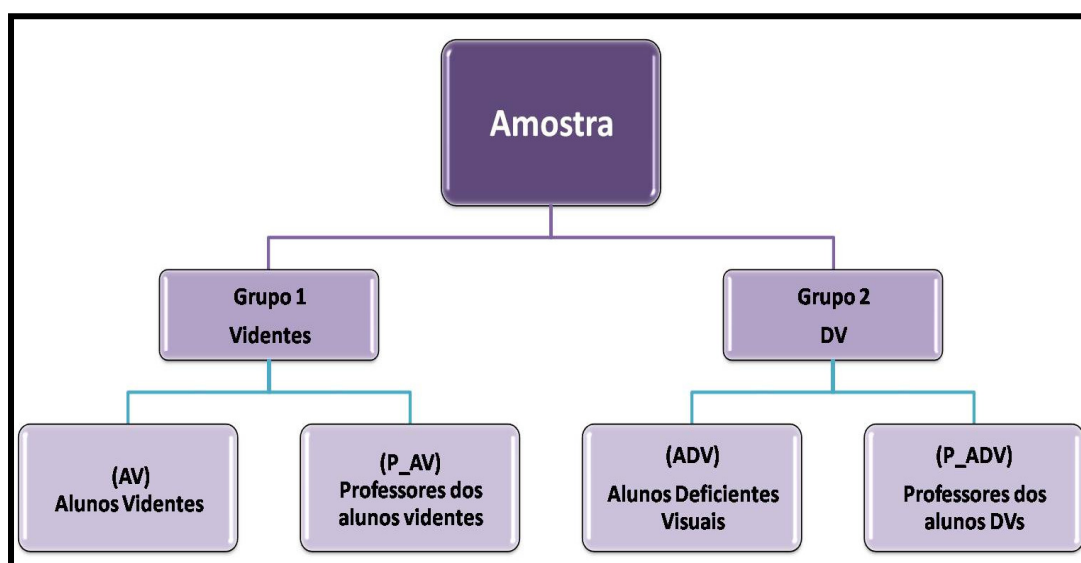


Figura 31 - Perfil das amostras

A escola selecionada para a aplicação do experimento com o Grupo 1 possui uma pedagogia tradicional e explora muito pouco os recursos tecnológicos. É uma instituição que aceita alunos com determinadas deficiências, porém não possui métodos pedagógicos direcionados para atendimento destas deficiências. Essa escola possui um total de cinco alunos com deficiências graves, sendo um aluno com autismo no jardim I, uma aluna com deficiência motora no jardim II, uma aluna do 1º ano com surdez total do ouvido esquerdo, uma aluna do 3º ano com descolamento de retina, necessitando o uso de óculos, e uma aluna com distúrbio social (não se comunica com ninguém na escola, somente com pessoas próximas e em casa), matriculada no 6º ano. A escola identificou, também, déficit de aprendizagem em dois alunos, porém os pais ainda não apresentaram o laudo médico. No geral, a escola possui uma média de 2 a 3 alunos por turma que usam óculos para correção de algum tipo de problema de visão, conforme mencionado no capítulo 2 (tabela1).

Para a aplicação do experimento com o Grupo 2, optou-se pelo IBC por ter tradição no ensino de deficientes visuais e ser voltado à pesquisa e ao desenvolvimento de novas metodologias de ensino. Essa instituição comporta alunos do ensino infantil e fundamental, com variados graus de deficiência visual. O perfil dos professores quanto à deficiência é bastante equilibrado e os métodos utilizados para ensinar suas respectivas matérias são baseados em apostilas e livros em Braille e, principalmente, materiais desenvolvidos por eles. Os testes foram desenvolvidos na sala de aula do 9º ano e a aplicação nesse grupo foi similar ao anterior.

A aplicação nos grupo 1 e 2 ocorreu entre maio de 2011 e julho de 2011 nos respectivos estabelecimentos de ensino, com o acompanhamento dos professores de geometria.

Para executar o experimento junto ao grupo 1, a escola cedeu sua biblioteca (figura 32) e os tempos da disciplina de informática educativa distribuídos entre as segundas e sextas-feiras no período matinal do mês de maio/2011.



Figura 32 - Biblioteca da escola dos alunos videntes

Na escola do grupo 1, em um primeiro momento, foi feito um convite aos alunos, no final de abril, das turmas do 8º e 9º ano. Dos 15 alunos do 8º ano, 8 se propuseram a participar, e dos 22 alunos do 9º ano, 10 se propuseram a participar. Os participantes foram distribuídos de modo que, em cada dia, 2 a 3 alunos realizassem o experimento, conforme tabela 4.

Alunos Videntes	Período
3 alunos do 8º ano	02/05/2011 - Segunda- feira
3 alunos do 8º ano	06/05/2011 - Sexta- feira
2 alunos do 8º ano	09/05/2011 - Segunda- feira
3 alunos do 9º ano	13/05/2011 - Sexta- feira
3 alunos do 9º ano	16/05/2011 - Segunda- feira
2 alunos do 9º ano	20/05/2011- Sexta- feira
2 alunos do 9º ano	23/05/2011 - Segunda- feira

Tabela 4 – Distribuição dos AV por dia

Já o IBC cedeu a sala de aula do 9º ano no período da tarde, para aplicação do experimento com o grupo 2 (figura 33), e estabeleceu que os alunos residentes do 8º e 9º ano participassem do experimento.



Figura 33 - Sala de aula cedida para o experimento - IBC

O experimento ocorreu durante a segunda semana de julho e os alunos foram distribuídos de acordo com o tempo disponível na grade de cada aluno, (tabela 5).

Distribuição dos alunos DVs	Período
2 alunos do 8º ano	11/07/2011 (segunda-feira)
1 aluno do 8º ano	12/07/2011 (terça-feira)
3 alunos do 9º ano	13/07/2011 (quarta-feira)
3 alunos do 9º ano	14/07/2011 (quinta-feira)
3 alunos do 9º ano	15/07/2011 (sexta-feira)

Tabela 5 - Distribuição dos ADV por dia

Para os AV e ADV, foi aplicada a rotina descrita na seção 5.1.3.1. Observou-se que, a cada aplicação, era necessário que o aluno executasse duas ou mais vezes a mesma fase, levando em média de 20 a 40 minutos para executar todas as fases. Tal desdobramento demandou mais tempo, chegando a 1 hora e 30 minutos por dia, média de 30 minutos por aluno.

Quanto aos dois grupos de professores, no momento inicial (antes dos alunos iniciarem os exercícios) aplicou-se o questionário I (ANEXO A) com a finalidade de traçar o perfil dos professores e sondá-los quanto aos requisitos necessários para a criação da ferramenta; no momento posterior, após eles assistirem a aplicação da ferramenta junto aos seus alunos, aplicou-se o questionário II (ANEXO B) com o intuito de avaliarem o Geometrix.

5.2.3.1.2 - Análise dos requisitos de uma ferramenta para o ensino de geometria

Esta seção tem como objetivo comparar os requisitos utilizados na construção do Geometrix, baseados em Borges (2009), conforme descrito na seção 4.3, com o imaginário dos professores de geometria sobre quais seriam os principais requisitos funcionais de uma ferramenta análoga, antes deles assistirem os alunos manipulando o Geometrix.

Sendo assim, inseriram-se, no questionário I (anexo A), sete perguntas (12 a 18) que pudessem gerar subsídio para o desenvolvimento do Geometrix. Esse questionário foi realizado junto aos seis professores (3 P_AV) e (3 P_AVD) e analisaram-se os itens: “recursos computacionais para o ensino da geometria”, “dificuldades dos alunos em acompanhar as aulas de geometria”, “recursos usados nas aulas de geometria”, “o ideal de uma ferramenta para o ensino de geometria”, “o que uma ferramenta computacional deveria ter”, “o que não deveria ter” e a “importância da geometria para os alunos”.

Com relação ao item recursos computacionais, seis professores afirmaram encontrar dificuldade em achar no mercado recursos tecnológicos para ensinar deficientes visuais. Sobre as dificuldades que seus alunos têm em acompanhar as aulas de geometria, seis afirmaram que sim; sobre os recursos usados pelos professores, seis afirmaram que usam apostilas/livros associados a recursos como

réguas, transferidores, blocos de madeiras e materiais adaptados ou desenvolvidos por eles. Nesse mesmo item, os professores da educação especial informaram que usam apostilas e materiais desenvolvidos por eles; já os professores das escolas tradicionais informaram que lecionam usando livros e materiais fornecidos pela escola, sem mencionarem, em nenhum momento, que desenvolvem recursos para auxiliar suas aulas. Quanto ao ideal de uma ferramenta computacional, três professores foram escolhidos de forma aleatória e mencionaram:

(P_AV): “Não tem”

(P_AVD): “Fácil interação, manuseio e custo barato”

(P_AVD): “Eu me interesso muito por *softwares* geométricos, por exemplo, Geogebra e o Iplot, mas acho que os colégios ainda não estão adaptados suficientes para uma aula desse porte. (haveria a necessidade de um computador para cada aluno)”

Referente ao que essa ferramenta deveria ter, os professores mencionaram:

(P_AV): “ter sintetizador de voz, fácil manuseio e um custo muito barato”

(P_AVD): “ter comunicabilidade com o usuário.”

(P_AVD): “Depende muito do que for utilizar, mas uma exigência mínima para os professores de forma geral (matemática, geografia, história...) foi que a ferramenta teria que ter uma linguagem de fácil entendimento, isto é, sem precisar fazer um curso extra para, só então, utilizá-la. No caso de uma ferramenta de Geometria, deveria conter a construção de elementos básicos (ponto, reta, plano... e suas diferentes formas, por exemplo, reta perpendicular, paralela...)”

Quanto ao que essa ferramenta não deveria ter, conclui-se que não pode:

(P_AV): “ser muita pesada e de difícil locomoção e custo alto”

(P_AVD): “ter custo alto”

(P_AVD): “ter uma linguagem complexa.”

Quanto à importância da geometria para os alunos, os professores mencionaram:

(P_AV): “Tem um papel fundamental, porque através das formas os alunos conseguem ter contato com o mundo. Facilita a vida deles lá fora”

(P_AVD): “Para o aluno cego, a geometria ajudará o mesmo no desenvolvimento espacial dele.”

(P_AVD): “Eu, particularmente, não gosto de destacar uma área da Matemática como a MAIS importante, pois todas são importantes dentro do seu todo. No caso da Geometria, a importância seria a visualização abstrata e concreta de formas/figuras que temos no nosso dia a dia. Acho que, para o estudante, o importante é analisar/relacionar formas que os permitam desenvolver uma orientação espacial de onde vivem.”

Baseado nas observações durante a pesquisa observacional, no questionário I e nos indicativos feito por Borges (2009) pode-se concluir que o Geometrix foi concebido de forma a atender, em sua totalidade, os requisitos levantados; logo, a ferramenta possui sintetizadores de voz para passar as instruções dos exercícios para os alunos, fácil manuseio, preço acessível, uma linguagem adequada para os alunos e *feedback* visual e auditivo para que os dois grupos de alunos consigam executar os exercícios propostos sem dificuldades.

Para fundamentar a criação da ferramenta, também foram pesquisados, juntos aos alunos, elementos que pudessem contribuir para a criação do Geometrix; aplicou-se, então, nos grupos de AV e ADV, o questionário III (anexo C) com 3 perguntas (15, 16 e 17) onde analisaram-se os seguintes itens: “maior dificuldade de aprender geometria”, “o que acham das aulas de geometria” e “métodos usados nas aulas de geometria”.

Para o primeiro item, foi obtida uma amostra com 7 respostas aleatórias, sendo três de alunos deficientes visuais e quatro de alunos videntes que fizeram os seguintes comentários:

(ADV): “Tudo – não consigo entender os desenhos direitos, fica muito na fala, e não no concreto.”

(ADV): “Tenho dificuldade em colocar em ordem e concretizar o que o professor diz”

(ADV): “identificar os pontos na figura, montar as contas de proporção e enxergar com as mãos o que o professor está dizendo.”

(AV): “Não tenho muita dificuldade, só costumo confundir essa matéria com outra na matemática”.

(AV): “Eu ainda não identifiquei qual é, simplesmente não consigo entender tão bem quanto outras coisas.”

(AV): “Aprender os nomes difíceis, as regrinhas.”

(AV): “nenhuma”.

Quanto ao item “referente às aulas de geometria”, os alunos responderam:

(ADV): “são importantes, só não rola; entendo que a geometria me ajuda a andar na rua, visualizar a posição do avião, mas...deixa pra lá.”

(ADV): “É importante para ver o mundo que não enxergo, mas não sei explicar direito.”

(ADV): “são cansativas, chegam a ser chatas.”

(AV): “é muito chata, porque a geometria é muito chato. Aquelas contas, aquelas figuras enormes e assustadoras”.

(AV): “são um tédio, cansativas, desanimadoras. Seria muito melhor ter uma nova e diferente maneira de aprender essa disciplina”

(AV): “São aulas importantes que estimulam o aprendizado e abre a mente para o raciocínio.”

(AV): “o professor é legal, mas a matéria é horrível.”

Sobre o item, “métodos usados nas aulas de geometria”, os alunos responderam:

(ADV): “meu professor usa coisas que ele próprio faz, são legais.”

(ADV): “Consigo até entender algumas coisas com esses materiais que ela trás, mas são cansativos e repetitivos”

(ADV): “São... chatos, sei que é importante, mas a apostila vem com muitos erros, aí dificulta ainda mais”.

(AV): “ métodos?”

(AV): “Ele usa muito o quadro e o livro”

(AV): “Deveria existir uma forma mais simples de aprender, só o livro e exercícios da apostilas fica difícil.”

(AV): “Ele usa o transferidor, réguas, compasso, mas, mesmo assim, tem hora que não entendo nada.”

Sobre essas perspectivas, pode-se afirmar que buscou-se criar uma ferramenta que fosse dinâmica, amenizando o impacto dos novos conteúdos no momento de aprender e executar os exercícios, tornando o aprendizado mais “leve” e significativo para o aluno, e que a ferramenta fosse um diferencial de tudo que eles estavam condicionados a usar até o momento, proporcionando uma nova forma de aprenderem a geometria.

5.2.3.1.3 - Verificação da hipótese de pesquisa

De acordo com a seção 1.4, a hipótese dessa pesquisa é **“A utilização de ambientes computacionais dinâmicos, como o Geometrix, ajuda na aprendizagem e na visualização espacial do deficiente visual”** e, para a verificação, foram propostos, neste capítulo, dois procedimentos referentes à avaliação da ferramenta: (i) estudo comparativo do desempenho dos alunos no desenvolvimento das sete atividades propostas; (ii) estudo da opinião dos alunos e professores quanto ao uso do Geometrix.

Para a realização do estudo comparativo, classificou-se em três níveis o desempenho dos alunos na execução dos sete exercícios no nível fácil da ferramenta. Para os alunos que desempenharam a tarefa com facilidade, atribuiu-se a cor verde, com média dificuldade, a cor amarelo e vermelho para os que apresentaram maior dificuldade. Optou-se pelos seguintes critérios: conclusão de cada exercício, tentativas em cada fase, tempo médio na conclusão da fase e comentários dos alunos.

Inspecionando as tabelas 6 e 7, pode-se inferir que todos os alunos videntes e quatro alunos deficientes dos doze analisados concluíram com êxito as fases 1 e 2 da ferramenta que corresponde aos exercícios de localização de pontos. Já a fase 3, que corresponde ao exercício de retas horizontais e verticais, os alunos videntes tiveram mais facilidade em executar essa tarefa do que os alunos deficientes, e isto poderia ser justificado pela exigência que a ferramenta impunha ao aluno de ter que deslizar o dedo de um ponto ao outro sem o auxílio de um barbante ou linha para guiá-lo, tendo o aluno apenas ajuda do sinalizador de erros e acertos incutidos à ferramenta.

Quanto à fase 4, que corresponde ao exercício de diagonais, essa situação ficou mais evidente, pois quatro alunos videntes em dezoito conseguiram concluir o exercício na 3ª ou 4ª tentativa, enquanto oito em doze alunos DV precisaram de quatro tentativas ou desistiram. As desistências foram justificadas pelos alunos DV com o argumento de que a ferramenta exigia uma precisão muito correta do dedo para traçar as diagonais e, como tinham pouca noção em realizar sem uma linha guia, a dificuldade era maior.

Quanto à fase 5, que corresponde ao triângulo retângulo, os alunos DV apresentaram maior dificuldade em executar esse exercício, e os erros ocorriam no momento de realizar as diagonais.

Quanto à fase 6, referente ao quadrado perfeito, os dois grupos ficaram entre o nível fácil e médio, refletindo a facilidade que esse exercício produz na sua execução. Nota-se, ainda, que, pela abundância de verdes, reflete um crescente no aprendizado, pois, à medida que as fases vão avançando, e o grau de dificuldade também, o desempenho dos alunos acompanha essa progressão, o que comprova que a ferramenta contribui para o aprendizado do aluno.

Porém, o mesmo não aconteceu na fase 7 (jogo do desafio). Embora dez alunos videntes e dois alunos deficientes tenham conseguido chegar ao nível 3 do jogo, a maioria dos alunos foi classificada com desempenho difícil e, notadamente, não conseguiram concluir a fase com sucesso. Esses resultados explicitados nas tabelas são justificados por alguns fatores decisivos para o insucesso, tais como: instruções insuficientes e o tempo de resposta. Portanto, não refletem corretamente o que se buscou com essa fase: um aprendizado lúdico dos pontos solicitados pelo jogo.

Alunos	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6	Fase 7
Aluno 1	Fácil	Fácil	Médio	Médio	Médio	Fácil	Médio
Aluno 2	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Médio
Aluno 3	Fácil	Fácil	Fácil	Médio	Fácil	Fácil	Médio
Aluno 4	Fácil	Fácil	Difícil	Médio	Difícil	Médio	Difícil
Aluno 5	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Médio	Fácil	Médio
Aluno 6	Fácil	Fácil	Fácil	Difícil	Difícil	Médio	Difícil
Aluno 7	Fácil	Fácil	Fácil	Médio	Médio	Médio	Difícil
Aluno 8	Fácil	Fácil	Fácil	Difícil	Difícil	Médio	Difícil
Aluno 9	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Médio	Fácil	Médio
Aluno 10	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Médio
Aluno 11	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Médio	Fácil	Difícil
Aluno 12	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Médio	Fácil	Difícil
Aluno 13	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Médio	Fácil	Médio
Aluno 14	Fácil	Fácil	Médio	Médio	Médio	Fácil	Médio
Aluno 15	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Médio
Aluno 16	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Fácil	Médio
Aluno 17	Fácil	Fácil	Médio	Difícil	Difícil	Médio	Difícil
Aluno 18	Fácil	Fácil	Médio	Difícil	Difícil	Médio	Difícil

Legenda:
Fácil
Médio
Difícil

Tabela 6 - Desempenho dos Alunos Videntes (AV)

Alunos	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6	Fase 7
Aluno 1	Fácil	Fácil	Fácil	Difícil	Difícil	Fácil	Médio
Aluno 2	Fácil	Fácil	Fácil	Médio	Médio	Médio	Difícil
Aluno 3	Fácil	Fácil	Fácil	Médio	Médio	Fácil	Difícil
Aluno 4	Médio	Médio	Médio	Difícil	Difícil	Médio	Difícil
Aluno 5	Fácil	Fácil	Médio	Difícil	Difícil	Médio	Médio
Aluno 6	Fácil	Fácil	Médio	Difícil	Difícil	Fácil	Difícil
Aluno 7	Médio	Médio	Médio	Difícil	Difícil	Fácil	Difícil
Aluno 8	Fácil	Fácil	Médio	Difícil	Difícil	Fácil	Difícil
Aluno 9	Fácil	Fácil	Fácil	Médio	Difícil	Fácil	Difícil
Aluno 10	Fácil	Fácil	Fácil	Médio	Médio	Fácil	Médio
Aluno 11	Fácil	Fácil	Médio	Difícil	Difícil	Médio	Difícil
Aluno 12	Médio	Médio	Médio	Difícil	Difícil	Médio	Difícil

Legenda:
Fácil
Médio
Difícil

Tabela 7 - Desempenho dos Alunos Deficientes Visuais (ADV)

Após a conclusão dos testes, pode-se afirmar que:

a) a ferramenta auxiliou os alunos, principalmente os deficientes, a desenvolverem a precisão e a visão espacial, pois na ausência de guias em alto-relevo para direcioná-los, o *feedback* auditivo da ferramenta auxiliou-os na execução dos exercícios.

b) o Geometrix contribuiu para um aprendizado autônomo dos alunos, pois os sinalizadores sonoros e táteis são suficientes para que o usuário consiga realizar os exercícios sem que uma pessoa confira o que foi feito.

c) notadamente o Geometrix proporcionou uma nova forma de aprender, pois o fato de ser interativa e dinâmica tornou o aprendizado lúdico e diferente do que eles estavam acostumados a usar; essa característica ficou bastante evidente nas reações dos usuários após a conclusão das fases, as comemorações e os pedidos para refazerem a fase.

d) a ferramenta contribuiu significativamente quanto ao tempo na execução dos exercícios, pois, usando o Geometrix, o aluno deficiente gastou, em média, 40 minutos para executar as fases; já na sala de aula tradicional, o tempo foi de 200 minutos, conforme relatado na seção 5.2.1.

No entanto, conforme mencionado no início dessa seção e na seção 5.1.3.3, além do procedimento acima descrito para a validação da hipótese, foi proposto, também, um estudo de levantamento de opinião junto aos professores e alunos, após a execução do teste com o Geometrix.

Para esse estudo de opinião, foram inseridas, no questionário II, perguntas que pudessem refletir o imaginário dos professores após assistirem a aplicação do Geometrix e evidenciar a hipótese da pesquisa. Sobre a percepção dos professores em relação ao Geometrix, pode-se concluir que:

os cinco professores mencionaram que a ferramenta pode auxiliar no desenvolvimento espacial do aluno, pois instiga-o a explorar conceitos que normalmente são apresentados de forma pronta, ou já desenhada no quadro, ou com guias para direcioná-los.

Quanto aos alunos, inseriram-se, no questionário IV, perguntas que também pudessem verificar a hipótese da pesquisa e, com base em seus relatos, pode-se concluir que:

a ferramenta contribui para o aprendizado autônomo dos alunos, pois estes resolveram os exercícios sem o auxílio dos professores e mais rapidamente do que se estivessem na sala de aula com os materiais habituais.

Relato 1 (AV):

“Achei a ferramenta muito legal, consegui fazer os exercícios, mesmo que simples, muito rápido, fiquei impressionado comigo”.

Relato 2 (ADV):

“O Geometrix confirmou alguns conceitos que tinha dúvida se havia aprendido ou não, e o legal, a professora não precisou falar nadinha.”

Relato 3 (ADV):

“Embora eu tenha achado um pouco difícil de realizar os exercícios, principalmente as diagonais, o Geometrix me fez enxergar que posso, sim, criar desenhos sozinho. Se tivesse outros exercícios ou eu pudesse treinar mais, acho que conseguiria fazer todas as fases, incluindo as diagonais.”

Portanto, com base no estudo de caso 1, é razoável afirmar que o Geometrix pode contribuir para a construção do conhecimento e ampliar a visão espacial do aluno, a partir da exploração e descoberta através da tentativa e erro, usando somente o *feedback* que a ferramenta fornece, resultando num aprendizado autônomo para os alunos.

5.2.3.2 - Estudo de caso 2: nível médio

Conforme apresentado na seção 5.2.3, realizou-se um teste com o Geometrix junto a um profissional de informática deficiente visual, com o intuito de validar o nível médio da ferramenta e verificar outras possibilidades que a ferramenta poderia oferecer, tais como: localização de novos pontos no lidipad, exercícios que exigissem mais precisão e exercícios mais elaborados com conteúdos que demandassem do usuário um grau de abstração maior. Esse estudo profissional foi realizado no CAEC – NCE/UFRJ, em agosto de 2011.

Após o teste, observou-se que a ferramenta, além de localizar os pontos pré-estabelecidos pelo nível fácil, também identificou os pontos referentes aos ângulos de 90° , 180° , 270° e 360° e os pontos referentes aos senos e cossenos de 30° , 45° e 60° .

Quanto à precisão, pode-se afirmar que a ferramenta atingiu esse objetivo, evidenciado pelo seguinte exemplo: o exercício solicitava ao usuário que localizasse os ângulos 90° , 180° , 270° e 360° sequencialmente (contornando a circunferência);

depois o exercício seguinte informava os ângulos aleatoriamente, e o usuário teria que colocar o dedo sobre esses pontos. Percebeu-se que o usuário conseguiu concluir essa sequência de exercício na segunda tentativa, posicionando o dedo da forma correta.

Quanto ao usuário desenvolver sua capacidade de abstração, pode-se concluir que a ferramenta contribui, pois ao realizar todos os exercícios sem o auxílio de um professor e sendo guiado somente pelo *feedback* sonoro de erro/ acerto e sinalizadores táteis, o usuário teve que abstrair conceitos que, até então, eram ensinados usando objetos concretos e acompanhado pelos professores.

Sendo assim, com o relato que segue, pode-se verificar que a hipótese da pesquisa é comprovada quando o usuário afirma:

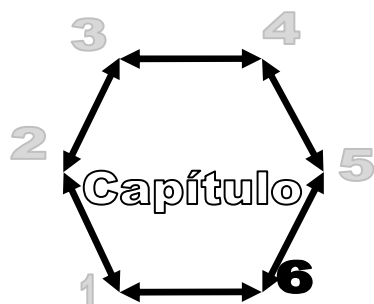
Considero que esta nova forma de apresentação tem um papel fundamental para prender a atenção do aluno e estimular o raciocínio. Apesar de não ser professor de matemática, pelo apressado e conhecimento que tenho, creio que a melhor forma de entender a trigonometria é conhecendo o círculo trigonométrico, desconheço forma mais eficaz. (Analista de sistema – DV)

Relato do profissional deficiente visual:

“Essa ferramenta traz bastante benefício ao aluno cego, é pioneira para auxiliar o aprendizado do círculo trigonométrico para o público alvo em questão. O diferencial que ela oferece é o contato tátil e o feedback sonoro, alguns dos sentidos utilizados pelo DV para compensar a falta da visão. Alunos que enxergam podem visualizar o professor desenhando no quadro, já o cego não. Por outro lado, o professor de um aluno cego conta, atualmente, com artifícios de descrição textual e outros para apresentar a disciplina, porém sem o atrativo lúdico que o Geometrix oferece. Considero que esta nova forma de apresentação tem um papel fundamental para prender a atenção do aluno e estimular o raciocínio. Apesar de não ser professor de matemática, pelo apressado e conhecimento que tenho, creio que a melhor forma de entender a trigonometria é conhecendo o círculo trigonométrico, desconheço forma mais eficaz. Gostei da forma que o Geometrix apresenta o conteúdo, dividindo em níveis e aumentando a dificuldade, com os ensinamentos de quadrante, ângulos, seno e cosseno. Além dos níveis já existentes no Geometrix, acho interessante explorar mais a ferramenta adicionando outros níveis. Um ponto negativo: senti falta de um exercício que fizesse o aluno ir da posição do ângulo no círculo até a posição dele no eixo, ou seja, ir do ângulo zero até o 90º graus e ao

passar pelos seno/cosseno de 30° , 45° e 60° graus, sinalizar com um “bipe”, e instruir o usuário sobre esses pontos, mas, para isso, sugiro incutir linhas de espessura grossa e fina, para fazer as ligações das posições dos ângulos na circunferência aos eixos. A utilização dessas linhas possibilita ampliar novos exercícios (níveis). O Geometrix proporciona alguns e pode proporcionar muito mais exercícios para praticar e entender a trigonometria através do círculo trigonométrico. Para chegar a esta conclusão, não precisou que fosse um professor de matemática, sim um simples cego Analista de Sistemas e amante da Matemática que sou. Logo, um professor de Matemática com vivência de sala de aula e com criatividade poderá sugerir muitas formas (exercícios) para as próximas versões do Geometrix”.

No próximo capítulo será apresentada a conclusão dessa pesquisa.



CONCLUSÃO

*"Tenho o desejo de realizar uma tarefa importante na vida. Mas meu primeiro dever está em realizar humildes coisas como se fossem grandes e nobres."
(Helen Keller)*

Neste capítulo, são apresentadas a síntese da pesquisa desenvolvida, as principais conquistas e a contribuição que um recurso computacional, como o Geometrix, pode proporcionar à educação dos deficientes visuais na disciplina de geometria. Também constam os desafios encontrados durante a elaboração desta pesquisa e a forma como os mesmos foram superados, e, finalmente, são apresentadas as sugestões para trabalhos futuros.

6.1 - Contribuições da Dissertação

O ponto inicial desta pesquisa foi tentar alinhar a temática da educação de geometria do deficiente visual com as tecnologias assistivas computacionais. Desde o princípio, percebeu-se que construir essa analogia não seria fácil, dada a escassez de materiais para se criar o referencial teórico e as dificuldades educacionais vividas por alunos e professores, presenciadas no decorrer da pesquisa. Entretanto, fascínio por estabelecer uma pesquisa inovadora e que se propunha beneficiar uma pequena parcela da sociedade dando-lhes novas possibilidades de educação, não deixou dúvida de que se estava no caminho certo.

Para desenvolver este trabalho, foi imprescindível o acompanhamento presencial de um grande número de aulas de geometria dos alunos deficientes, para observar suas reais necessidades e formas como os professores lecionavam os conteúdos de geometria. Nesses encontros presenciais percebeu-se diversas lacunas na educação dos deficientes em relação à geometria, tão como a falta de materiais didáticos específicos, tendo que o professor criá-los, métodos exaustivos de ensino e a não utilização de recursos computacionais apoiando as aulas.

Essas observações ficaram mais latentes após a obtenção dos resultados. A falta de ferramentas pedagógicas e a não utilização do computador, de certa forma, tornavam lenta a evolução das aulas, pois o tempo gasto no desenvolvimento de materiais exclusivos e diferenciados poderia ser dedicado ao ensino de novos conteúdos e desenvolvimento de novos métodos.

No início da pesquisa, a intenção era que o Geometrix pudesse ser manipulado diretamente pelos alunos com deficiência. O sistema deveria servir de apoio às aulas de geometria resultando em um melhor desenvolvimento da visualização espacial. Entretanto, depois de algumas sessões, percebeu-se que a proposta poderia ir além dos muros da instituição especializada, ela poderia assessorar alunos deficientes, ou não, a adquirir conhecimentos geométricos usando os dedos e a visualização de forma tátil e visual.

Com esse vislumbamento, acreditou-se que a maior contribuição desta pesquisa foi proporcionar ao aluno deficiente uma tecnologia assistiva computacional, adaptada a diferentes ambientes escolares e que permitisse a igualdade de aprendizagem independente de se estar ou não em uma sala de aula

inclusiva. Outra contribuição é possibilitar aos alunos videntes aprenderem geometria de uma forma inovadora, usando os recursos visuais que vinculamos à ferramenta. Sendo assim, a ferramenta proposta nesta dissertação certamente abrirá novos horizontes para o desenvolvimento de outras tecnologias que atenderão a múltiplos públicos e que contribuirão para a inclusão de menos favorecidos na sociedade.

6.2 – Validação da hipótese

Como já explicitado na introdução deste trabalho, esta pesquisa propôs validar a hipótese (*“A utilização de ambientes computacionais dinâmicos, como o Geometrix, ajuda na aprendizagem e na visualização espacial do deficiente visual”*), usando os estudos de casos apresentados no capítulo 5, que permitiram realizar uma avaliação da ferramenta, em termos qualitativos e quantitativos (seção 5.2.3.1.3), no contexto educacional dos alunos deficientes visuais e videntes. Dessa forma, podemos afirmar que os resultados obtidos comprovam que o Geometrix trouxe ganhos cognitivos para os alunos, pois um dos fatores determinantes foi unir à ferramenta o tabuleiro com algumas marcações em relevo, o que proporcionou aos alunos trabalharem com a "descoberta" obtida por experimentação (mesmo que induzida), ou seja, o tabuleiro com as demarcações possibilita ao aluno inferir conclusões sobre conceitos geométricos sem a condução explícita de um professor.

Outro fator determinante que contribuiu para a validação da hipótese, refere-se ao *feedback* que o programa fornece ao aluno durante a execução dos exercícios, isto é, o aluno não precisa confirmar com o professor se está aprendendo ou não, pois os *feedbacks* programados na ferramenta permitem que o aluno chegue às suas próprias conclusões sem a intervenção de um vidente. Isso caracteriza a ferramenta como construtivista (Piaget), pois o próprio ambiente proporciona ao aluno aprender e também como construcionista (Papert), pois o computador, inserido no contexto educacional do aluno, fornecendo os *feedbacks* necessários para executar os exercícios, auxilia na aquisição de conhecimento.

Sendo assim, a ferramenta Geometrix proporcionou aos alunos se desenvolverem a partir da interação com o objeto e com o meio computacional,

reforçando a sua autonomia e o aprendizado de conceitos não explícitos pelos exercícios, comprovando, então, que ambientes computacionais dinâmicos, contribuem significativamente para a aprendizagem do aluno e para ampliação da sua visão espacial.

- **Desafios encontrados**

Diversos desafios foram encontrados e superados ao longo desta dissertação. O primeiro foi, sem dúvida, a escassez de literatura sobre recursos computacionais que auxiliem o deficiente visual na área de geometria. Havia muito material referente a metodologias e ao uso de recursos concretos para esta área, mas apenas o *software* DESENOVOX se propunha a auxiliar o deficiente a desenvolver desenhos geométricos usando o computador. Mesmo com pouca literatura, desenvolveu-se o Geometrix usando como base as ideias mais importantes presentes no DESENOVOX.

O segundo desafio foi quanto ao desenvolvimento da ferramenta. Desde que não existia nenhuma arquitetura que pudesse atender à proposta do Geometrix, foi necessário dedicar longo tempo de estudo na busca de uma linguagem de programação ideal, de um sistema de desenvolvimento e de *software* básico adequado para atender às peculiaridades do nosso *software*.

O terceiro e último desafio foi a aplicação dos testes com os deficientes visuais, pois o público-alvo foi limitado para alunos do 8º e 9º ano do IBC e, quando da aplicação do teste, a professora desses alunos encontrava-se de licença médica e, só após o seu retorno, o teste poderia ser aplicado. Essa situação que, na prática, atrasaria por vários meses a pesquisa, foi contornada no final do primeiro semestre quando um professor substituto assumiu as turmas e se comprometeu a acompanhar o experimento conforme orientação da coordenação pedagógica do IBC.

Existiram outros desafios, em menores proporções, que foram também superados, contudo pode-se afirmar que os resultados poderiam ter sido potencializados, se dispusesse de um número maior de turmas com deficientes visuais para que a pesquisa pudesse ser aplicada, o que possibilitaria a execução de novas baterias de testes, com mais exercícios e uma observação mais apurada. Porém, entendeu-se que o prazo estipulado para a conclusão do mestrado não está

só fincado na formulação de uma solução para um problema inédito, mas também na formação crítica do pesquisador o que justifica as limitações apresentadas neste trabalho.

6.3 - Trabalhos futuros

Com os resultados obtidos nesta pesquisa ficou clara a necessidade de se dar continuidade ao trabalho apresentado nesta dissertação. Neste sentido, sugere-se como trabalhos futuros:

- Desenvolver um mecanismo (tipo formulário) que possibilite a criação de novas atividades, sem uso de programação, de forma que um leigo consiga elaborar novos exercícios sem grandes dificuldades.
- Ampliar a metodologia do Geometrix para outros assuntos e incorporar novos níveis à ferramenta.
- Criar um jogo usando animação de computação gráfica em que o lidipad sirva como dispositivo controlador de movimento/direção para os alunos deficientes visuais, simulando um controle de jogo como o *joystick* ou o próprio mouse.
- Expandir a interação com o lidipad, ou seja, criar um pacote interativo que atenda os requisitos de entrada de dados compatíveis com as *Application Interfaces* de dispositivos padrões como *Joystick* ou Mouse e inculir na ferramenta um identificador de coordenadas do dedo com maior velocidade, viabilizando aplicações em tempo real mais sofisticadas, como o controle de movimento de uma cadeira de rodas robotizada ou de um torno de controle numérico através do lidipad.

6.4 - Considerações finais

É certo que os públicos envolvidos nesta pesquisa são carentes de artefatos que facilitem o aprendizado de geometria. Sem esses recursos, dificilmente existirá igualdade de aprendizado e aquisição de novos conhecimentos.

Com a realização desse trabalho, buscou-se apresentar um novo mecanismo de ensinar geometria a deficientes visuais, associando recursos computacionais ao

ensino, e comprovou-se que tais recursos facilitam o aprendizado desses alunos “tornando-o prazeroso e de fácil compreensão”. (SILVA, 2009)

A pesquisa permitiu entender que um recurso computacional como o Geometrix pode trazer grandes avanços no campo da educação especial quando usado como recurso pedagógico para o reforço das aulas ou para o ensino de algum conteúdo geométrico.

Acredita-se, ainda, que esta dissertação sirva de base para outros pesquisadores conjecturarem novos métodos, alinhando tecnologia computacional ao ensino, e que profissionais da educação interessados nesse assunto passem a incluir em suas salas recursos como esse, adaptados à necessidade de aprendizado de cada aluno.

Finalmente, espera-se que, ao disponibilizarmos publicamente o Geometrix, essa ferramenta seja incorporada, num futuro próximo, à sala de recursos de todas as escolas, permitindo que o conhecimento chegue a alunos com diferentes dificuldades, seja a deficiência visual, sejam outras deficiências que dificultem a aprendizagem de conceitos geométricos.

6.5 – Um ponto de vista da autora

Este trabalho foi transformador para minha vida pessoal, social, acadêmica e profissional, pois ele permitiu uma clareza maior de temas que até o momento eu ainda não havia vivenciado.

Quanto à minha vida pessoal, aprendi que não devemos ter pena ou compaixão de uma pessoa deficiente e, sim, enxergar que todos nós temos limitações e deficiências, podendo ser externa ou não, basta assumi-las e conviver da melhor forma possível.

Socialmente esta pesquisa me mostrou o quanto ainda somos uma sociedade que limita o acesso à informação, à educação especial e que direitos básicos como o de ir e vir para um deficiente são dificultados devido às barreiras existentes.

Tenho a certeza de que os métodos científicos aprendidos nesta pós-graduação contribuíram muito para minha formação, estimulando e despertando o interesse na evolução de minha vida acadêmica, com o desejo de ingressar no doutorado num futuro bem próximo.

Finalmente na minha vida profissional, os momentos vividos nesses dois anos e meio me deram melhores condições de exercer a minha profissão, ao aplicar novos métodos de ensino, em que se desenvolve uma visão inovadora de como desenvolver conhecimento por experimentação.

- **A vivência**

No início da pesquisa, refleti bastante a respeito da área que estava propondo pesquisar, os porquês, para quês e como... e, como não sou professora de geometria, senti a necessidade de acompanhar as aulas dos alunos deficientes visuais no Instituto Benjamin Constant, afim de fundamentar a pesquisa e situar-me sobre a educação do cego brasileiro. Chegando ao instituto me deparei com uma realidade nunca vista e vivenciada e com os meus 10 anos de magistério me sobreveio uma série de questionamentos a respeito de metodologias usadas no ensino e aprendizagem de geometria.

Um ponto que me chamou a atenção foi ver o quão desgastante é para um professor de geometria ensinar aos deficientes conceitos simples de geometria, pois o acesso limitado, ou inexistente, a materiais didáticos e até mesmo a ferramentas pedagógicas delega ao professor a tarefa de desenvolver o seu próprio material didático incluindo materiais diferenciados para atender alunos com graus de deficiência variados na mesma sala de aula. Essa tarefa faz com que o professor dedique menos tempo no ensino da disciplina.

Outro retrato da educação dos deficientes refere-se aos métodos utilizados pelos alunos nas aulas de geometria. Eles usam os artefatos desenvolvidos pelos professores e, para realizarem as anotações, grande parte dos alunos usa reglete e punção ou a máquina de escrever em Braille, fazendo com que o tempo efetivo de aula vivenciada se torne ainda menor.

Em nenhuma das situações presenciei o uso de recursos computacionais para facilitar o processo de aprendizagem do aluno e, do meu ponto de vista, seria muito mais proveitoso se os alunos, desde pequenos, fossem instruídos a equilibrar os métodos tradicionais de ensino com a tecnologia.

Para finalizar, tenho a esperança de que essa pesquisa despertará no leitor o interesse em ampliá-la numa área tão pouco explorada, contribuindo para uma

inclusão justa, onde alunos deficientes possam conviver com alunos videntes numa sala de aula sem tratamentos especiais ou limitadores.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, P. O Estudo da geometria. **Revista Benjamin Constant**, Rio de Janeiro, edição 25, p.14-22, ago. 2003.

BORGES, J. A. – **Do Braille ao Dosvox** – diferenças nas vidas dos cegos brasileiros. 2008. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia de Sistemas e Computação) – Programa de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

BRANDÃO, J. C. **Matemática e deficiência visual**. São Paulo: Scortecci, 2006.

BRASIL. Ministério de Educação e Cultura. Secretaria da Educação Básica. **Parâmetros curriculares para o ensino médio**. Brasília, 2000. Disponível em:< <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em jun. 2010.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Programa de capacitação de recursos humanos do ensino fundamental: deficiência visual**. Brasília: MEC/SEESP, 2001a. v. 1. (Série Atualidades Pedagógicas, 6,)

BRASIL. Ministério de Educação e Cultura. Secretaria de Educação Especial. **Educação infantil: Saberes e práticas da inclusão**. 4, ed. Brasília, 2006. Disponível em:< <http://www.portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/alunoscegos.pdf> >. Acesso em: maio 2010.

BRASIL, Ministério de Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Especial. **Diretrizes educacionais sobre estimulação precoce**. Brasília: MEC/UNESCO, 1995. (Série Diretrizes, nº 3). Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001344/134413porb.pdf> Acesso em: set. 2010.

CANEJO, E. **Apostila - Introdução ao sistema Braille** Rio de Janeiro: FAETEC, Disponível em: <http://www.lapeade.com.br/publicacoes/documentos/Apostila%20Braille.pdf>, Acesso em: set. 2010.

CBO - Conselho Brasileiro de Oftalmologia. **As condições de saúde ocular no Brasil**. São Paulo:. Selles & Henning Comunicação Integrada, 2009.

CERQUEIRA, J. B. O Legado de Louis Braille. **Revista Benjamin Constant**. Rio de Janeiro, Edição Especial, out. 2009. Disponível em: <http://200.156.28.7/Nucleus/media/common/Nossos_Meios_RBC_RevEE2Out2009_Texto_5.doc>. Acesso em: set., 2010.

CERQUEIRA, J. B. ; FERREIRA, E. M. B. Recursos didáticos na educação especial **Revista Benjamin Constant**, Rio de Janeiro, Edição Especial, out. 2009. Disponível em: < http://200.156.28.7/Nucleus/media/common/Nossos_Meios_RBC_RevAbr2000_ARTIGO3.RTF >. Acesso em: set. 2010.

CERQUEIRA, J. B. ; PINHEIRO, C. R. G. ; FERREIRA, E. M. B. O Instituto Benjamin Constant e o Sistema Braille. **Revista Benjamin Constant**, Rio de Janeiro, Edição Especial, out. 2009. Disponível em: <<http://200.156.28.7/Nucleus/media/common/>> Acesso em: set. 2010.

CUNHA, É. E.. **JogaVOX**: ferramenta e estratégias para construção de jogos educacionais para deficientes visuais. 2007. 172 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Instituto de Matemática, Núcleo de Computação, Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

DIDEROT, D. **Carta sobre os cegos (endereçada àqueles que enxergam) e arte sobre os surdos e mudos (endereçada àqueles que ouvem e falam)**. São Paulo: Escala, 2006.

FERNANDES, S. H. A. A. **Uma análise Vygotskiana da apropriação do conceito de simetria por aprendizes sem acuidade visual**. 2004. 322 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.pucsp.br/pos/edmat/ma/dissertacao/solange_hassan_fernandes.pdf> Acesso em: jun. 2010.

FERREIRA, E. M. B. **Ensino e aprendizagem de geometria em ambientes geométricos dinâmicos**: o tema de geometria do plano no 9º ano de escolaridade. 2006. Dissertação (Mestrando em Educação) – Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Moinho, Porto. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4920/1/dissertacao2.pdf>> Acesso em: maio 2011.

FERREIRA, P. F. Recorte histórico: do Imperial Instituto dos Meninos Cegos ao Instituto Benjamin Constant. **Revista Benjamin Constant**, Rio de Janeiro, Edição Especial, set. 2004. Disponível em: <http://www.ibc.gov.br/media/.../Nossos_Meios_RBC_revSet2004_E_Parte_1e.rtf> Acesso em: maio 2010.

FERRONATO, R. **A Construção de instrumento de inclusão no ensino de matemática**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2002.

FIALHO, F. A. P. ; ALVES, A. G. Agentes cognitivos na educação. Trabalho apresentado no I In: CONGRESSO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO, 1., 2001, Itajaí, SC. **Anais ...** Itajaí: SBC, 2001. v. 1. p. 173-183.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2002.

HECKBERT, P. S. **Fundamentals of texture mapping and image warping**. (M.Sc. Thesis – Department of Electrical Engineering and Computer Science, University of California, Berkeley, 1989

IBC. **Instituto Benjamin Constant**. Disponível em: <[http:// www.ibc.gov.br/](http://www.ibc.gov.br/)> Acesso em: ago. 2010.

_____. **Instituto Benjamin Constant**. Disponível em: <<http://www.ibc.gov.br/?catid=120&blogid=1&itemid=367>> Acesso em jan. 2011.

IBSA – International Blind Sports Association. **IBSA manual**. Disponível em: <http://www.ibsa.es>. Acesso em: abr. 2010.

ILLINGWORTH, W. H. **History of the education of the blind**. London: S. Low Marston & Co, 1910.

JENSEN, L. R. **Cegos e computador**: uma interação que explora o potencial do desenho. Disponível em: [http://intervox.nce.ufrj.br/ dosvox/textos/semenge.doc](http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/textos/semenge.doc). Acesso em: fev. 2010.

LASCARATOS, J. ; MARKETOS, S. **Didymus the blind**: an unknown precursor of Louis Braille and Helen Keller. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/0012-4486/?k=dydimus>>. Acesso em: jun. 2010.

LEE, J. C. **Projector-based location discovery and tracking**. 2008. Thesis (Doctor in Philosophy) – Human Computer Interaction Institute, School of Computer Science, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, 2008. Disponível em: http://johnnylee.net/projects/thesis/thesis_document.pdf. Acesso em: 2010

LEMOS, E. R. A educação de cegos no Brasil: aspectos históricos. **Revista Contato - conversas sobre deficiência visual**. São Paulo: Lamara, ano 4, n.6, Set, 2000. CD

LIRIO, S. B. **A tecnologia informática como auxílio no ensino de geometria para deficientes visuais**. 2006. Dissertação (Mestrado em Matemática). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

NUNES, P. M. S. **História educacional do cego e seus aspectos legais**. Disponível em: <http://www.webartigos.com/articles/43846/1/-Historia-Educacional-do-Cego-e-seus-Aspectos-Legais-/pagina1.html> Acesso em: ago. 2010.

OLIVEIRA, R. V. **Itinerário educacional de uma aluna cega e a busca pela imagem adaptada**. 2008. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

OMS. **Vision 2020 global initiative for the elimination of avoidable blindness**. Disponível em: [http://www.who.int/ blindness/Vision2020_report.pdf](http://www.who.int/blindness/Vision2020_report.pdf). Acesso em: maio 2010.

PAPERT, S. **Constructionism**: a new opportunity for elementary science education. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, Media Laboratory, Epistemology and Learning Group, 1986

_____. **A Máquina das crianças**; repensando a escola na era da informática. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994

PIAGET, J.. **Seis estudos de psicologia**. Tradução de Maria Alice Magalhães D'Amorim e Paulo Sergio Lima Silva. 21. ed., Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1995.

RAMOS, E. M. F. **Análise ergonômica do sistema hiperNet buscando o aprendizado da cooperação e da autonomia**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

REILY, L. **Escola inclusiva**: linguagem e mediação. Campinas: Papyrus, 2004. (Série Educação Especial).

ROUZIER, S. et al. Touching geometry for visually impaired pupils In: EuroHaptics. 2004, Munchen, Germany. **Proceedings** ... Munchen, Germany: Technische Universität München, 2004.

SA, E. D. ; CAMPO, I. M. ; SILVA, M. B. C. **Atendimento educacional especializado - deficiência visual**. Brasília: MEC/SEESP, 2007. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/ae_e_dv.pdf> Acesso em: ago. 2010.

SIAULYS, M. O. C. **Brincar para todos**. São Paulo : Laramara, 2005.

SILVA, L. F. **Geometria e cegos** - um jogo computacional no processo de aprendizagem de trigonometria. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Tecnologias da Informação Aplicadas à Educação) – Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

SILVA, U. D. ; GUIMARÃES, L. C. ; SANTOS, F. L. M. O Uso do ambiente de geometria dinâmica tabulae como ferramenta para evidenciar a necessidade de demonstrar. In: COLÓQUIO DE HISTÓRIA E TECNOLOGIA NO ENSINO DE MATEMÁTICA, 4., 2008, Rio de Janeiro. – **Anais** ... Rio de Janeiro, IM/UFRJ, 2008

TEHZY, S. K. **Simplemente igreja**: um olhar sobre inclusão de pessoas com deficiência em busca de contribuições para uma práxis comunitária inclusiva. 2008. Dissertação (Mestrado em Teologia) – Escola Superior de Teologia, Instituto Ecumênico de Pós-Graduação em Teologia, São Leopoldo, RS, 2008.

VALENTE, J. A. **Computadores e conhecimento: repensando a educação**. Campinas: UNICAMP, 1995.

VALENTE, V. C. P. N. **Desenvolvimento de um ambiente computacional interativo e adaptativo para apoiar o aprendizado de geometria descritiva**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica, Universidade São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-01032004-152058/fr.php>> Acesso em: maio 2011.

VENTURINI, J. L. ; ROSSI, T. F. O. **Louis Braille**. sua vida e seu sistema. 2. ed. São Paulo: Fundação Dorina Nowill para Cegos, 1978.

VYGOTSKY, L. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

YIN, Robert K. **Case study research** - design and methods. Thousand Oaks, CA: Sage Publications Inc. 1989.

ANEXOS

Anexo A

Questionário I

Sondagem inicial para o levantamento do perfil dos sujeitos da pesquisa **Tecnologia Geometrix**

Público-Alvo: Professores de Matemática de deficientes visuais do IBC e **Videntes**

- 1) Qual a sua idade?
 - a) Entre 20 a 30 anos
 - b) Entre 31 a 40 anos
 - c) Entre 41 a 50 anos
 - d) Acima de 51 anos

- 2) Sexo:
 - (a) Feminino (b) Masculino

- 3) Você possui computador em casa?
 - (a) Sim (b) Não

- 4) Com que frequência você costuma usar o computador?
 - (a) uma a duas vezes por semana
 - (b) 3 a 5 vezes por semana
 - (c) mais de 5 vezes por semana
 - (e) Nunca

- 5) Onde você usa com mais frequência o computador?
 - (a) em casa
 - (b) no trabalho
 - (b) em casa e no trabalho
 - (d) outros. Onde? _____
 - (e) Nenhum dos lugares citados

6) Qual o seu grau de escolaridade?

- (a) Superior completo. Em que? _____
- (b) Especialização. Em que? _____
- (c) Mestrado. Em que? _____
- (d) Doutorado. Em que? _____
- (e) Cursando. Em que? _____

6) O que você sabe utilizar no computador? (marque quantos quiser)

- (a) DOSVOX
- (b) NVDA
- (c) Windows
- (d) Word
- (e) Excel
- (f) Outros programas. Quais? _____
- (g) Nada

7) Você é deficiente visual?

- (a) Sim. Qual?

(b) Não

8) Leciona ou já lecionou para alunos deficientes visuais?

- (a) Sim. Quanto tempo? _____
- (b) Não

9) Para qual série você leciona?

- a) 1º ao 4º ano
- b) 5º ano
- c) 6º ano
- d) 7º ano
- e) 8º ano
- f) 9º ano
- g) nenhuma das séries acima

10) Você já utilizou recursos computacionais para complementar sua aula?

a) Sim. Qual? _____

b) Não

11) Você acredita que falta no mercado recursos tecnológicos para o ensino dos deficientes visuais?

(a) Sim (b) Não

12) Seus alunos tem muitas dificuldade em acompanhar as aulas de geometria?

(a) Sim (b) Não

13) Quais os recursos que você utiliza para lecionar geometria/matemática.

(a) Apostila

(b) Blocos de madeira

c) Outros.

Quais? _____

14) Qual seria o ideal de uma ferramenta para o ensino da geometria? Descreva.

15) O que uma ferramenta deveria ter/atender? Comente.

16) O que a ferramenta não deveria ter? Comente.

17) Qual a importância da Geometria para os alunos?

Anexo B

Questionário II

Sondagem final - Tecnologia Geometrix

Publico-Alvo: Professores de Matemática de deficientes visuais do IBC e Videntes

1) Você acredita que o uso das tecnologias assistivas proporciona igualdade de aprendizagem para os alunos deficientes nas salas de aula tradicionais.

- (1) Não concordo totalmente
- (2) Não concordo parcialmente
- (3) Indiferente
- (4) Concordo parcialmente
- (5) Concordo totalmente
- (6) Não sei o que são Tecnologias Assistivas

2) Você acredita que o GEOMETRIX pode ser usado tanto por alunos deficientes quanto por alunos videntes?

- (1) Não concordo totalmente
- (2) Não concordo parcialmente
- (3) Indiferente
- (4) Concordo parcialmente
- (5) Concordo totalmente

3) Você acredita que ferramentas como o GEOMETRIX podem ajudar na aprendizagem e na visualização espacial do deficiente visual.

- (1) Não concordo totalmente
- (2) Não concordo parcialmente
- (3) Indiferente
- (4) Concordo parcialmente
- (5) Concordo totalmente

4) Quanto à dificuldade de ensinar geometria, se o GEOMETRIX tivesse sido utilizado para alunos do ensino fundamental, você acha que a sua prática de ensino teria sido:

- (1) Muito fácil
- (2) fácil
- (3) médio
- (4) difícil
- (5) muito difícil

6) Comente sobre a ferramenta Geometrix:

Anexo C

Questionário III

Sondagem inicial para o levantamento do perfil dos sujeitos da pesquisa

Tecnologia Geometrix

Público-Alvo: Alunos deficientes visuais do IBC e Alunos Videntes

1) Faixa etária:

- a) 12 anos
- b) 13 anos
- c) 14 anos
- d) 15 anos
- e) > 16 anos

2) Sexo:

- a) Feminino b) Masculino

3) Você possui computador em casa?

- (a) Sim (b) Não

4) Com que frequência você costuma usar o computador?

- a) uma a duas vezes por semana
- b) 3 a 5 vezes por semana
- c) mais de 5 vezes por semana
- e) Nunca

5) Onde você usa com mais frequência o computador?

- a) em casa
- b) na escola
- c) em casa e na escola
- d) outros. Onde? _____
- e) Nenhum dos lugares citados

6) O que você sabe utilizar no computador?

a) DOSVOX

b) NVDA

c) Windows

d) Word

e) Excel

f) Outros programas. Quais? _____

g) Nada

7) Você já teve aula de alguma disciplina no computador?

a) Sim. Quais? _____

b) Não

8) Qual ano escolar você está matriculado (a) atualmente?

a) 8º Ano (7ª série)

b) 9º Ano (8ª série)

9) Qual disciplina abaixo você sente maior dificuldade na série que está cursando:

(a) Língua Portuguesa

(b) Matemática

(c) Ciências

(d) História

(e) Geografia

(f) Educação Física

(h) Nenhuma

10) Durante o ensino fundamental você estudou Geometria?

(a) Sim

(b) Não

11) Em que série você iniciou o estudo de geometria:

- a) 1º ao 4º ano
- b) 5º ano
- c) 6º ano
- d) 7º ano
- e) 8º ano
- f) 9º ano
- g) nenhuma das séries acima

12) Classifique o grau de dificuldade que você tem em assistir as aulas de geometria:

- a) Baixo
- b) Médio
- c) Alto

13) Quais os artefatos usados pelos professores para as aulas de geometria:

- a) Apostilas
- b) Blocos de madeiras
- c) Outros artefatos. Quais? _____

14) Você já utilizou recursos computacionais (software, hardware) para aprender algum conteúdo de geometria?

- a) Sim. Quais? _____
- b) Não

15) Caso não, você acredita que deveria ter mais recursos computacionais para te auxiliar na compreensão de conteúdos de geometria.

- a) Sim
- b) Não. Porque? _____

16) Qual a sua maior dificuldade de aprender geometria:

17) Comente sobre as aulas de geometria:

Anexo D

Questionário IV

Sondagem após o uso da Tecnologia Geometrix

Público-Alvo: Alunos deficientes visuais do IBC – Alunos Videntes

1) Qual a sua primeira impressão do Geometrix?

2) O GEOMETRIX facilitou a compreensão dos conceitos de ponto?

- (1) Não concordo totalmente
- (2) Não concordo parcialmente
- (3) Indiferente
- (4) Concordo parcialmente
- (5) Concordo totalmente

3) O GEOMETRIX facilitou na compreensão dos conceitos de retas?

- 1) Não concordo totalmente
- (2) Não concordo parcialmente
- (3) Indiferente
- (4) Concordo parcialmente
- (5) Concordo totalmente

4) O GEOMETRIX facilitou na compreensão dos conceitos de diagonais?

- (1) Não concordo totalmente
- (2) Não concordo parcialmente
- (3) Indiferente
- (4) Concordo parcialmente
- (5) Concordo totalmente

5) O GEOMETRIX facilitou na compreensão dos conceitos de triangulo retângulo?

- (1) Não concordo totalmente

- (2) Não concordo parcialmente
- (3) Indiferente
- (4) Concordo parcialmente
- (5) Concordo totalmente

6) O GEOMETRIX facilitou na compreensão dos conceitos de quadrado perfeito?

- (1) Não concordo totalmente
- (2) Não concordo parcialmente
- (3) Indiferente
- (4) Concordo parcialmente
- (5) Concordo totalmente

7) Você acredita que o GEOMETRIX pode complementar as aulas de geometria tradicionais?

- (1) Não concordo totalmente
- (2) Não concordo parcialmente
- (3) Indiferente
- (4) Concordo parcialmente
- (5) Concordo totalmente

8) Comente sobre a ferramenta GEOMETRIX:

9) Descreva a Geometrix no seu contexto educacional:

APÊNDICES

Apêndice A



Universidade Federal do Rio de Janeiro
PPGI - Programa de Pós-Graduação em Informática

Manual Básico

Geometrix

Material criado por:
Lidiane Figueira

Este é um guia rápido de introdução à ferramenta Geometrix, apresentamos neste manual as principais funcionalidades e procedimentos de uso desta ferramenta.

O objetivo principal deste manual é de instruir os usuários para que possam utilizar a ferramenta de forma plena.

1. Introdução

O Geometrix é uma ferramenta desenvolvida a partir de uma proposta de mestrado do PPGI/UFRJ no ano de 2011. Este programa visa beneficiar alunos com deficiência visual na aprendizagem de conceitos geométricos.

Ressaltamos que essa ferramenta também tem o propósito inclusivo, logo pode-se ser usada por alunos videntes e em escolas inclusivas. O detalhamento dessa ferramenta está descrita na dissertação Geometrix: ensinando conceitos geométricos a deficientes visuais, disponível no site PPGI/UFRJ.

Este programa é gratuito e pode ser adquirido entrando no site WWW.intervox.ufrj.br. As exigências para o bom funcionamento da ferramenta são: um computador com o processador Pentium I, Sistema Operacional Windows Xp, uma WEBCAM simples, um pedestal para fixar a câmera, um tabuleiro de 50cm por 50 cm e uma mesa.

2. Menu Principal

Inicie o computador normalmente, após os sons característicos do Windows você poderá iniciar o programa. Entre no botão iniciar e escolha o programa Geometrix (figura 1). Ao entrar no programa você poderá escolher uma opção no menu principal. Neste menu você encontrará as seguintes opções: **logar** (inicia o jogo calibrando a câmera automaticamente), **opções** (o usuário poderá configurar a câmera manualmente, ler as instruções e/ou ler os créditos), **sair** (Fecha o jogo).



Figura 1 – Tela inicial do programa Geometrix.

3. Opções

Após entrar em opções, o primeiro botão deixa aparecer no quadro à direita a visualização da câmera, se pressionar <enter> com esse botão selecionado o usuário terá que calibrar a câmera manualmente

A calibragem tem a finalidade de realizar as primeiras marcações que servem de guia para o usuário e o programa.

A calibragem manual deve ser realizada sempre que haja mudança na posição do tabuleiro, e será sempre realizada por um vidente, a fim de certificar os pontos necessários para fazer as marcações para o sucesso do programa.

Já a calibragem automática é realizada quando o usuário já tenha feito a manual e está novamente usando o programa. Esta opção de calibragem pode ser feita pelo usuário deficiente, pois na prática o software armazena os dados da calibragem anterior.

A calibragem manual ocorre da seguinte forma:

- 1º -O sistema solicita que o usuário posicione o dedo no canto superior esquerdo;
- 2º -O sistema solicita que o usuário posicione o dedo no canto superior direito;
- 3º - Depois, o sistema solicita que o usuário posicione o dedo no canto inferior esquerdo;

4º - por último, o sistema solicita que o usuário posicione o dedo sobre o canto inferior direito;

Assim forma-se uma matriz em Z, figura 2.

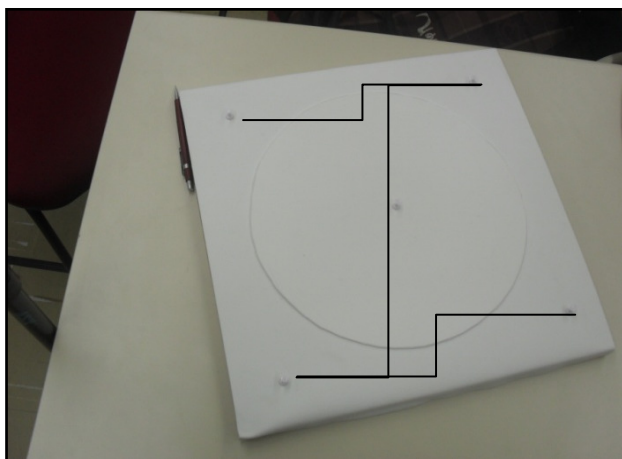


Figura 2 - Matriz em Z - Calibragem da câmera

No botão instruções temos a explicação do funcionamento do programa, dando boas- vindas aos usuários (figura, 3).



Figura 3 - Tela introdutória do Geometrix

4. Níveis do Geometrix

O Geometrix foi desenvolvido para ter níveis diferentes que comportem graus de dificuldades variados. Atualmente o Geometrix está dividido em 2 níveis, o **Fácil** que comporta exercícios simples e com pouca exigência de conhecimentos geométricos e o nível **médio** que comporta exercícios mais elaborados e com uma grau de exigência um pouco mais elevado de geometria.

4.1 - Nível Fácil do Geometrix

Após a tela introdutória, a próxima tela refere-se a escolha dos níveis, figura

4.



Figura 4 - Tela de níveis do Geometrix

Ao seleccionar o nível fácil, o usuário passa para a tela de fases (Figura 5). Nesta tela o usuário poderá escolher: executar fases por fases, executar todas as fases sequenciadas, executar a fase Desafio que corresponde a um jogo inspirado no “jogo do Genius”³¹.

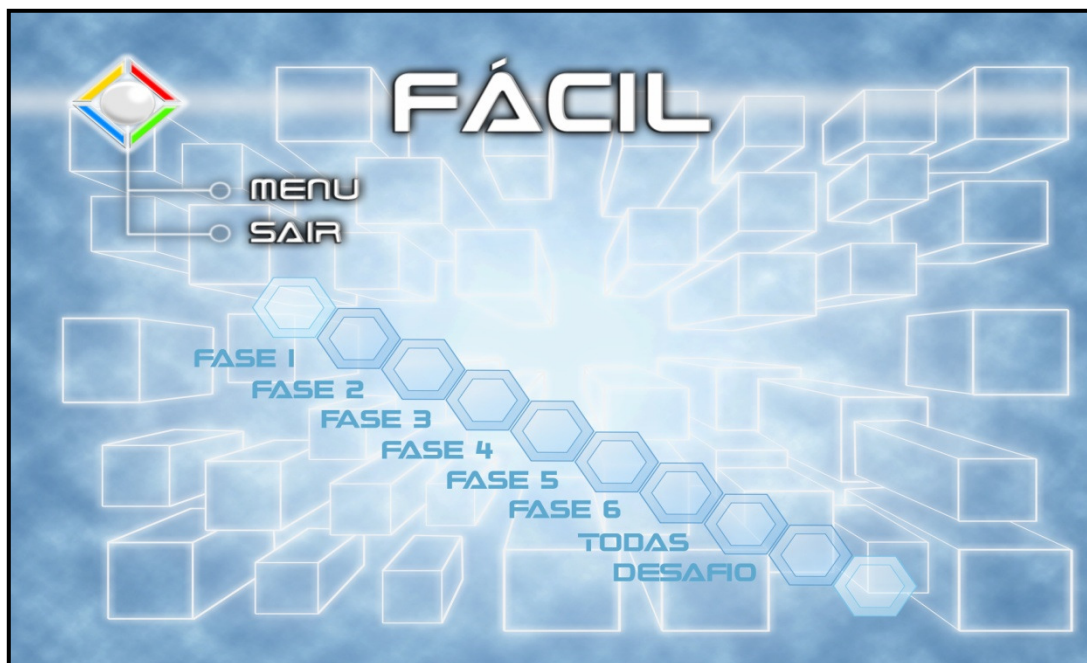


Figura 5 – Tela introdutória do Nível Fácil

Fase 1 → Localização dos pontos A, B, C, D e O (ponto central), figura 6.

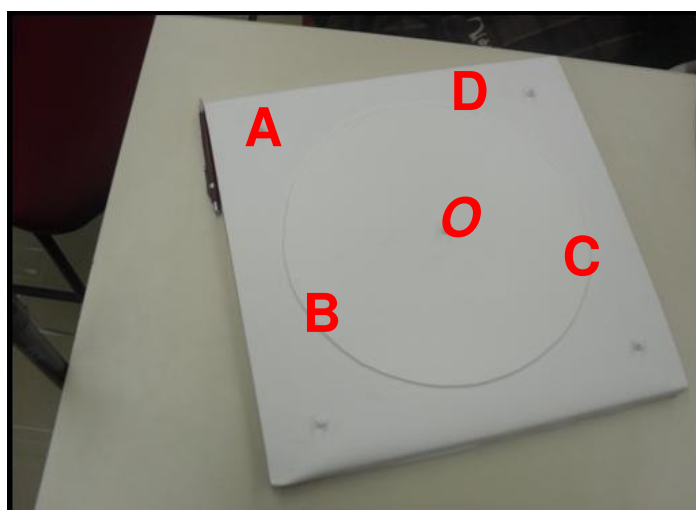


Figura 6 - Tabuleiro com a sinalização dos pontos A, B , C, D e ponto central O.

³¹ [http://pt.wikipedia.org/wiki/Genius_\(jogo\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Genius_(jogo))

Nesta fase o sistema solicita que o usuário coloque o dedo indicador sobre os alfinetes que correspondem aos pontos A, B, C, D e O.

Caso o aluno acerte, pontos verdes aparecem na tela com um som característico de acerto, caso o usuário erre, o sistema coloca na tela um ponto preto e um som característico é emitido (Figura 7).

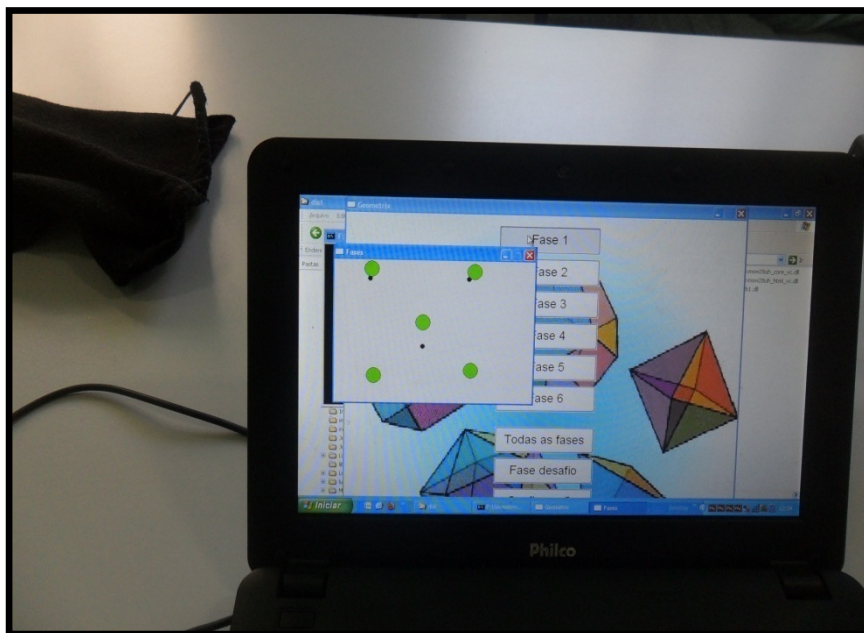


Figura 7 - Fase 1 concluída

Fase 2 → Fase de fixação

Esta fase foi desenvolvida para que o aluno fixe os pontos A, B, C e D estabelecidos na fase anterior. O sistema solicita aleatoriamente os pontos e informa ao usuário se a localização do ponto está certa ou errada através do sintetizador de voz e do som característico de erro e acerto. Após 15 tentativas o sistema parabeniza o usuário, caso tenha sucesso, ou informa-o que deverá tentar novamente.

Fase 3 → Retas Horizontais e Verticais

Esta fase corresponde ao exercício de retas horizontais e verticais. O sistema informa ao usuário que deverá traçar uma reta horizontal de um ponto ao outro deslizando o dedo sobre o tabuleiro, lembramos que ao deslizar o dedo não faça-o rapidamente, pois o sistema foi programado para ler o tabuleiro a cada 3 segundos. Ao traçar a reta, o usuário deve-se atentar para os sons emitidos pelo sistema. No

momento que o usuário está arrastando o dedo sobre o tabuleiro, um som é emitido de acerto e na tela do computador pontos verdes são colocados, e caso o usuário saia da margem preestabelecida sons de erros são emitidos e pontos pretos aparecem na tela.

Lembramos que o sistema aceita até 3 erros, após a culminância desses erros o sistema volta para a tela de fases e emite uma mensagem sonora. O resultado esperado é que o aluno consiga traçar as retas conforme a figura 8.

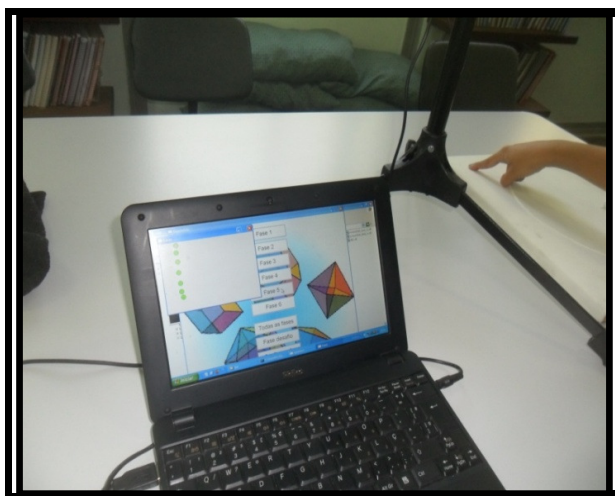


Figura 8 - Fase 3 - Reta vertical

Fase 4 → Diagonais

Nesta fase é solicitado que o usuário trace a diagonal de um ponto ao outro duas vezes, formando um “xis”, é usado o dedo indicador conforme as fases anteriores. O resultado esperado é que o aluno consiga traçar as diagonais e o sistema sinalize o sucesso. (figura 9)



Figura 9 - Fase 4 - Diagonais traçadas por um aluno

Fase 5 – Triângulo Retângulo

Esta fase requer que o aluno trace um triângulo retângulo, então o sistema solicita que o aluno deslize o dedo do ponto A até o ponto B – traçando uma reta vertical, depois o sistema solicita que o usuário trace uma reta horizontal do ponto B até o ponto C e por último que o usuário deslize o dedo do ponto C até o ponto A, traçando uma diagonal. O procedimento de execução é semelhante às fases anteriores e a sinalização de erros e acertos também, figura 10.

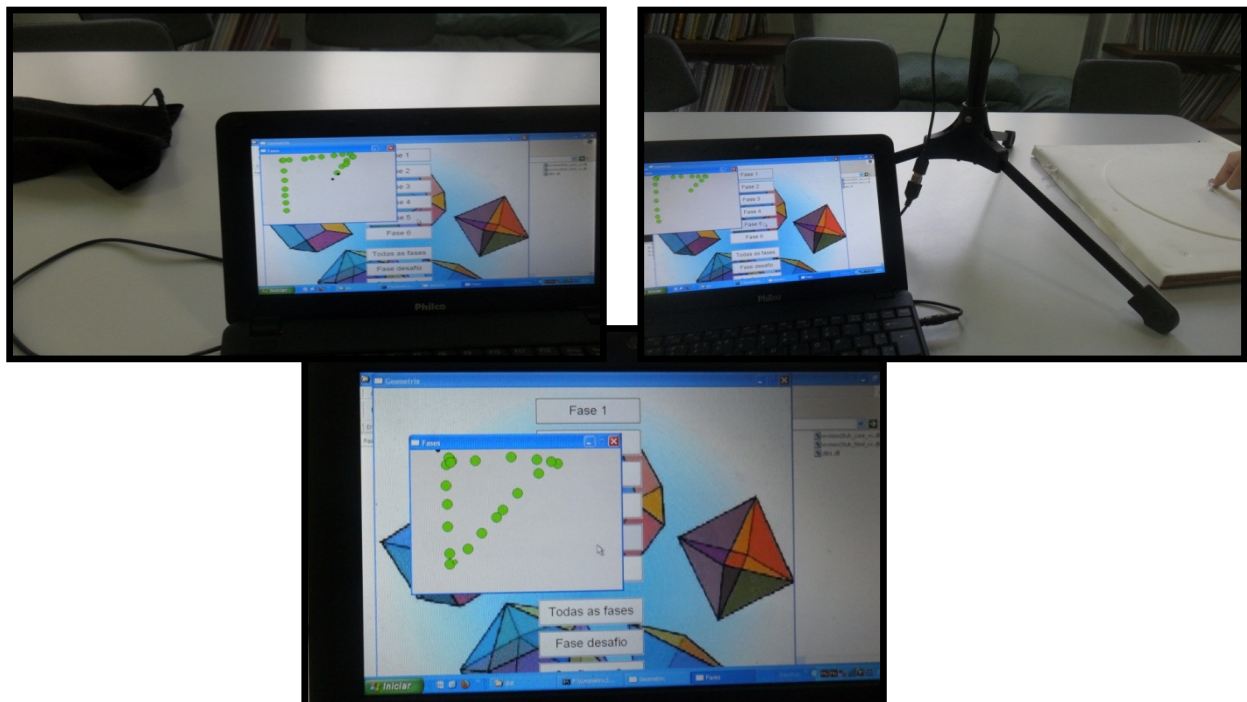


Figura 10 - Fase 5 - etapas da elaboração do triângulo

Fase 6 → Quadrado perfeito

A fase 6 corresponde a elaboração do quadrado perfeito, então o sistema solicita que o usuário trace uma reta do ponto A ao B, depois do B ao C, depois do C ao D e por ultimo do ponto D ao A. Os procedimentos para a elaboração desta fase segue os moldes das fases anteriores, figura 11.

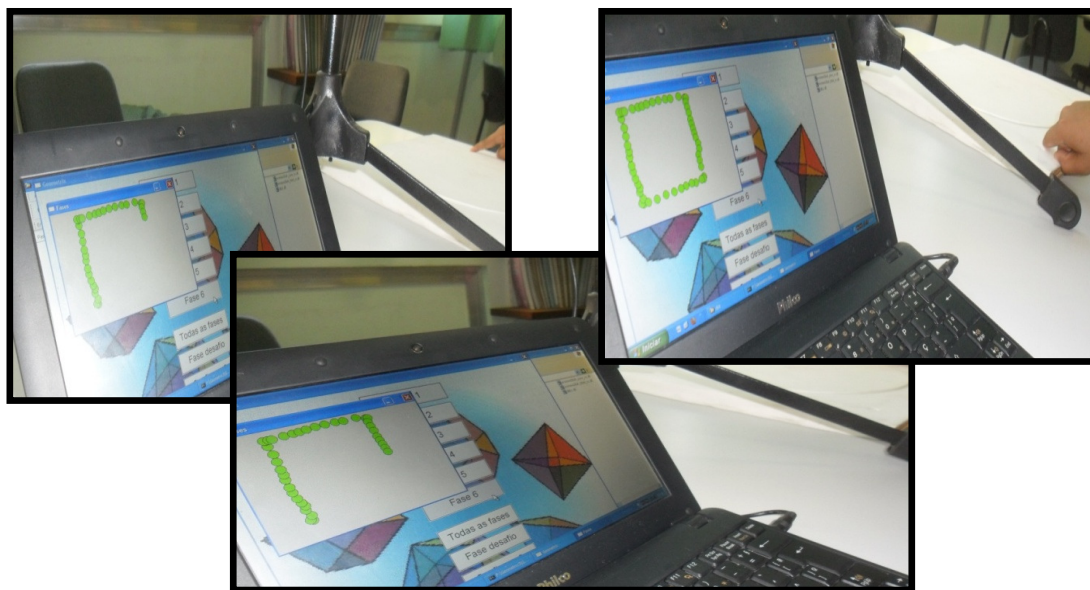


Figura 11 - Fase 6 - Elaboração do quadrado perfeito

Todas as fases

Nesta etapa o usuário tem a possibilidade de executar todas as fases, descrita até o momento, de forma sequenciada sem a necessidade de voltar ao menu principal para escolher outra fase. Os procedimentos de execução são os mesmos das fases descritas no início do manual.

Fase Desafio

Esta fase foi arquitetada para testarmos o “lado lúdico” do Geometrix. Inserimos um jogo no formato do “Jogo do Gênio” onde o usuário necessita memorizar os pontos fornecidos pelo sistema. Ao ouvir os pontos solicitados, o usuário executa colocando o dedo indicador sobre os pontos. Numa nova rodada, outro ponto é solicitado, e assim sucessivamente. Ao errar a sequência, o sistema informa quantos acertos e erros o jogador obteve.

4.2 Nível Médio do Geometrix

Este nível tem por objetivo ampliar o conhecimento do usuário referente à geometria. Para esse nível é exigido um pouco mais de conhecimento geométrico. Dividimos este nível em 3 opções/botões. **1ª opção** – corresponde a exercícios sobre quadrante, **2ª opção** – refere-se a exercício sobre ângulos e a **3ª opção** – corresponde a exercícios sobre seno e cosseno, figura 12. Para essa versão do Geometrix inserimos apenas alguns exercícios para cada opção, com o intuito neste primeiro momento de testar a funcionalidade da ferramenta.



Figura 12 - Menu principal do nível médio

Opção 1 → Corresponde exercícios sobre quadrante

Nesta opção o usuário poderá aprender sobre os quadrantes do círculo trigonométrico. Foi dividido em dois momentos (fases). No primeiro momento o

sistema solicita que o usuário posicione o dedo em qualquer lugar do tabuleiro, sendo assim o sistema informa em qual quadrante o usuário está posicionando o dedo.

Na fase 2 o sistema solicita ao usuário que posicione o dedo sobre um determinado quadrante, ao posicionar o dedo sobre o quadrante, o sistema informa se está certo ou errado. Na tela o usuário poderá ver os pontos verdes para acerto e pontos pretos para os erros, além da sinalização sonora para o erro e acerto.

Opção 2 → Refere-se a exercício de ângulos

Nesta opção há 2 exercícios (distribuídos em duas fases) voltados para o conhecimento de ângulos. No primeiro, o software solicita que o usuário contorne a circunferência para localizar os ângulos zero, 90° , 180° , 270° e 360° . Ao contornar a circunferência, o software conduz o usuário até atingir o primeiro objetivo, ângulo de 90° , depois o usuário continua contornando até localiza o ângulo de 180° e assim segue até atingir o objetivo final, localizar o ângulo de 360° . Esta fase é acompanhada da sinalização sonora conforme as fases no nível fácil.

No segundo exercício (2ª fase) o usuário recebe do sistema a solicitação para localizar os ângulos de forma aleatória, então o sistema informa ao usuário o acerto ou erro conforme a padronização sonora.

Opção 3 → corresponde a exercícios sobre seno e cosseno

Construímos essa etapa de forma que o usuário consiga “visualizar” o seno e cosseno dos ângulos de 30° , 45° e 60° . Para chegarmos nestes conceitos dividimos essa etapa em 6 fases.

Fase 1 → Nesta fase o usuário aprenderá sobre os eixos X e Y, logo o sistema primeiro solicitará que o usuário localize o eixo X (eixo do seno) deslizando o dedo horizontalmente do ângulo zero até o ângulo de 180° , caso acerte, o sistema solicitará que o usuário deslize verticalmente o dedo do ângulo de 90° até o ângulo de 270° localizando o eixo Y (cosseno). Lembramos que como essa etapa tem dois momentos (localização do eixo X e Y) o usuário terá 3 chances de erro.

Fase 2 → Fase do seno. Após o usuário aprender sobre a localização do eixo do seno e do cosseno. Criamos a fase para o usuário localizar os senos dos ângulos de

30°, 45° e 60°. O software solicita ao usuário que deslize o dedo sobre o eixo Y, ouvindo os valores e qual o ângulo correspondente.

Fase 3 → Fase do cosseno. Nesta fase o software solicita que o usuário deslize o dedo sobre o eixo X, ouvindo os valores e o ângulo corresponde. Semelhante a fase 3, porém mudando a rota para a horizontal, eixo X, cosseno.

Fase 4 → Fase de fixação do seno. O programa solicita os ângulos aleatoriamente que corresponde ao eixo do seno, Y. O usuário terá 10 tentativas, o mínimo de acerto são 6 pontos. O procedimento é semelhante à fase de localização de pontos do nível fácil.

Fase 5 → Fase de fixação do cosseno. O programa solicita os ângulos aleatoriamente que corresponde ao eixo do cosseno, X. O usuário terá 10 tentativas, o mínimo de acerto são 6 pontos. O procedimento é semelhante à fase de localização de pontos do nível fácil.

Fase 6 → Fixação dos dois pontos. O programa solicita os ângulos aleatoriamente que correspondem aos eixos do seno, Y e cosseno, X. O usuário terá 10 tentativas, o mínimo de acerto são 6 pontos. O procedimento é semelhante à fase de localização de pontos do nível fácil. Ao final o software informa o número de acertos e erros.

Para todas as fases citadas acima há um padrão de retorno sonoro para o usuário.

Resumo das fases do Geometrix.



5. Considerações Finais

Por se tratar de uma ferramenta nova, sabemos que muitos outros conceitos poderão ser inseridos. Para uma próxima versão serão acrescentados novos exercícios e outros nas fases existentes. Também é proposta para uma próxima versão a criação de jogos educativos lúdicos.

Dados do programa:

Nome: Geometrix

Criado por: Lidianne Figueira

Desenvolvido por: Alunos do colégio Pedro II representado pelo programador Filippo Maio

Ano: 2011

Apoio: CAEC/NCE-UFRJ – Prof^o Antonio Borges

Contato: lidiane.figueira@gmail.com ou 9816-4862

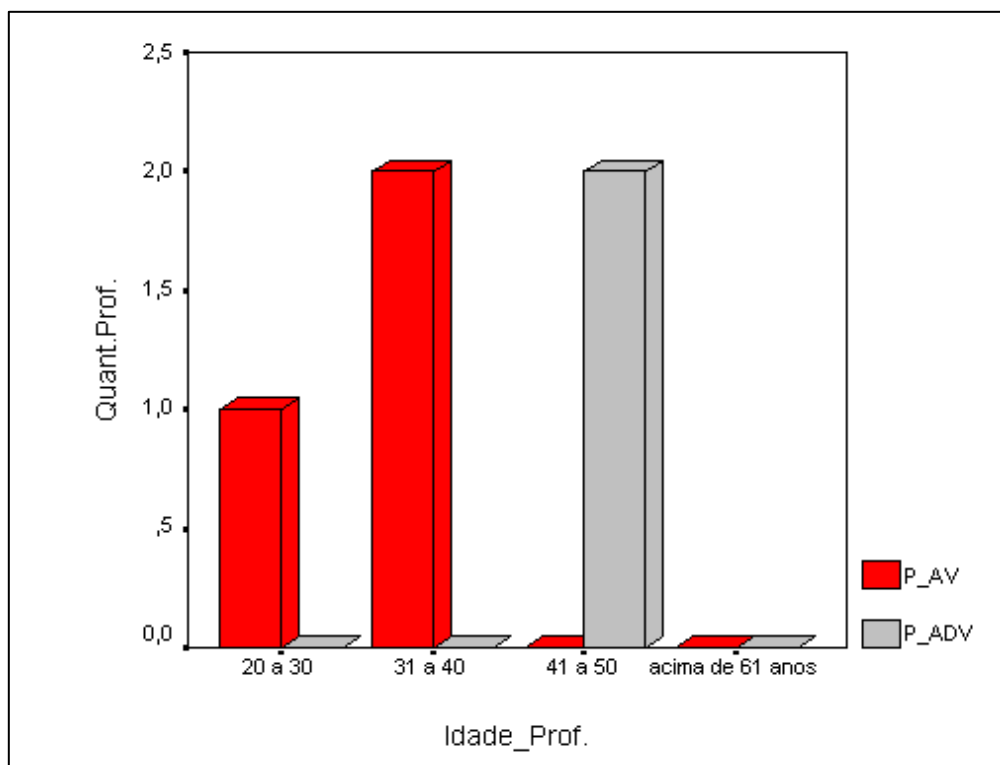
Apêndice B

Gráficos referentes ao Questionário I

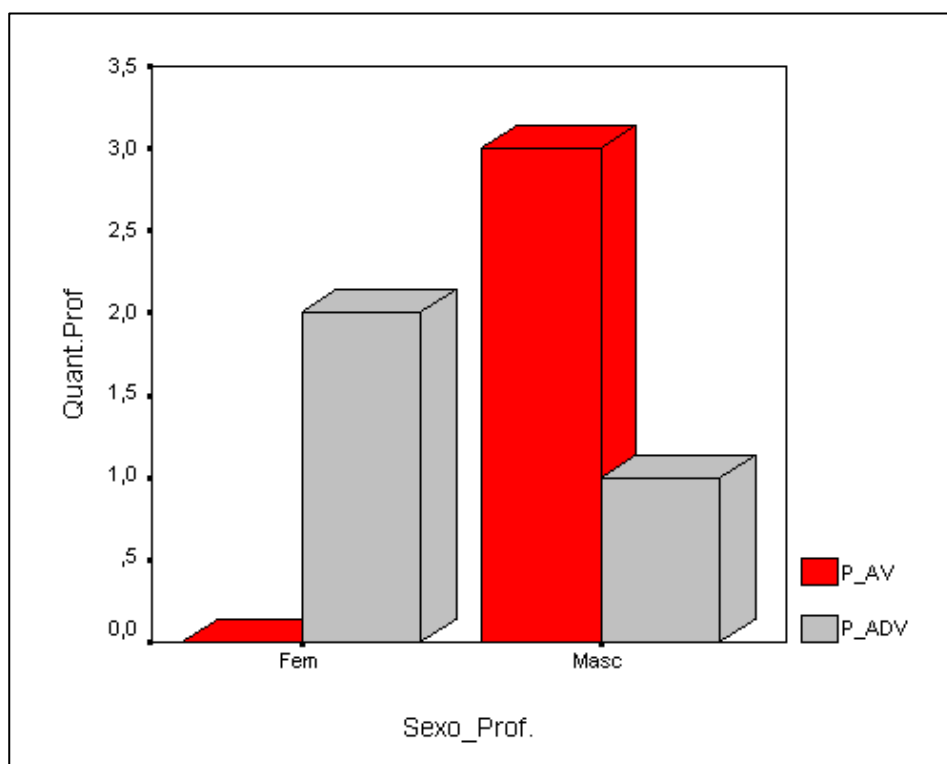
Sondagem inicial para o levantamento do perfil dos sujeitos da pesquisa Tecnologia Geometrix

Público-Alvo: Professores de Matemática de deficientes visuais do IBC e
Videntes

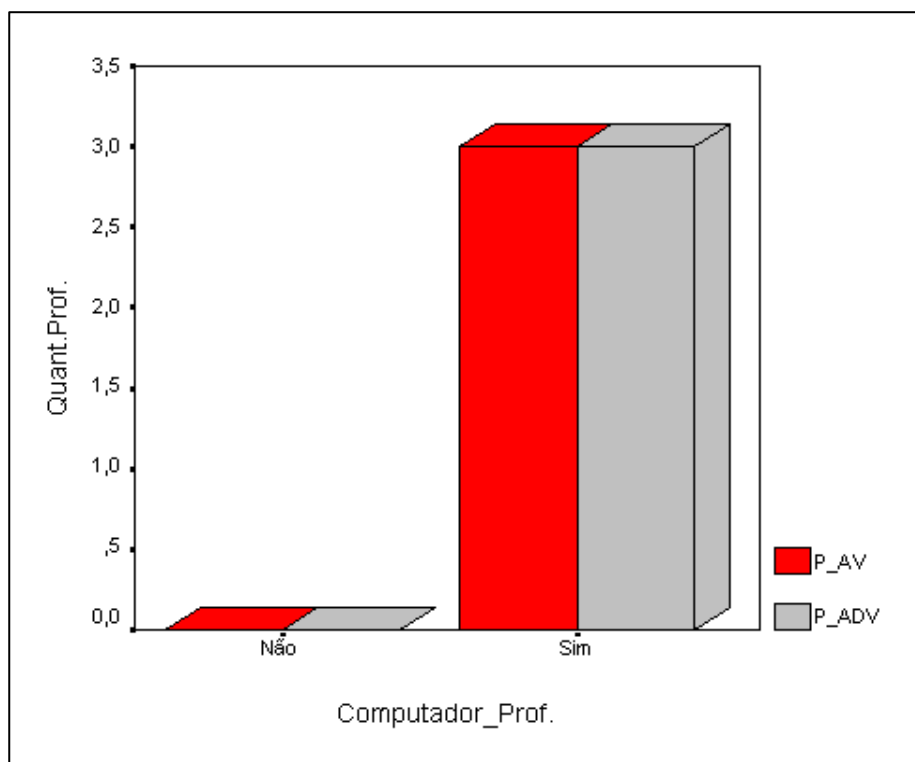
2) Qual a sua idade?



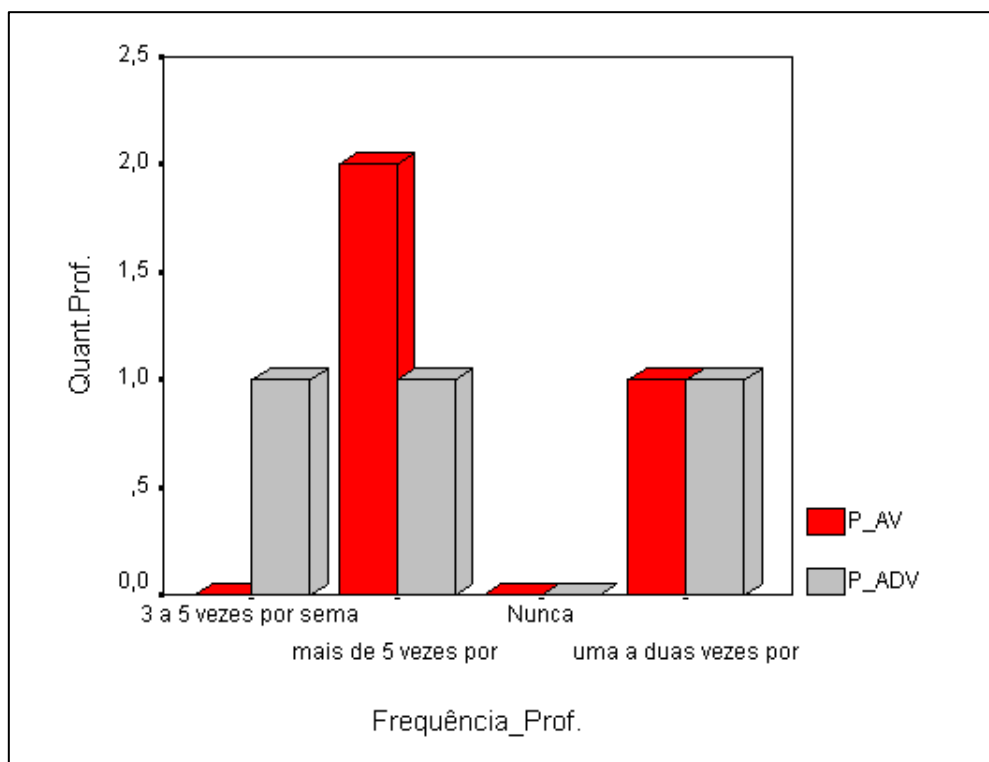
2) Sexo:



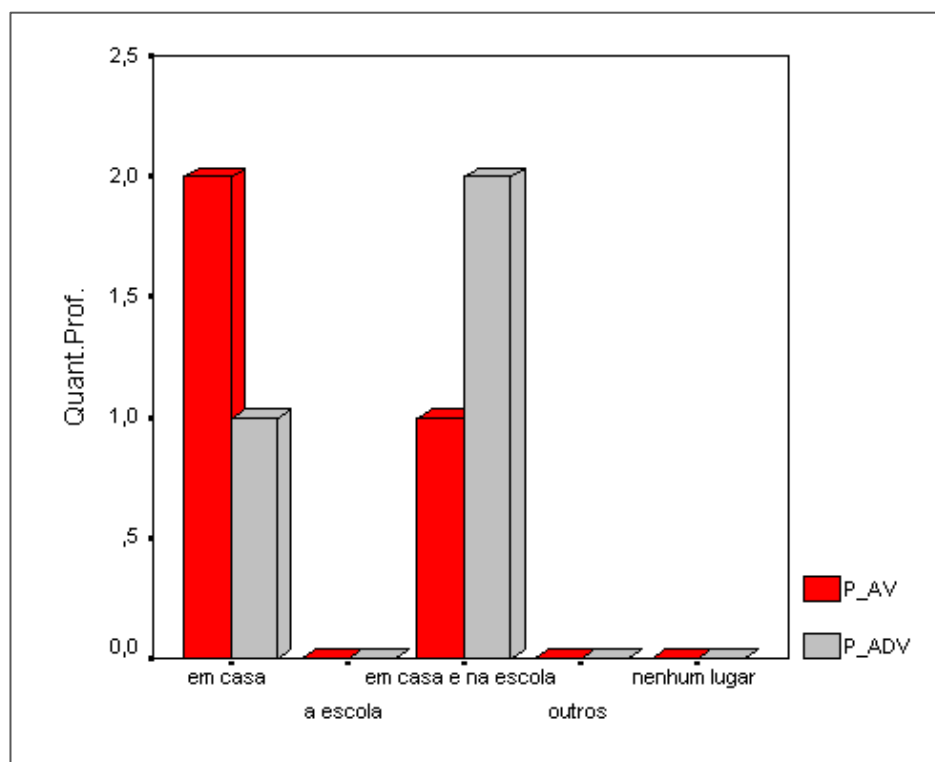
3) Você possui computador em casa?



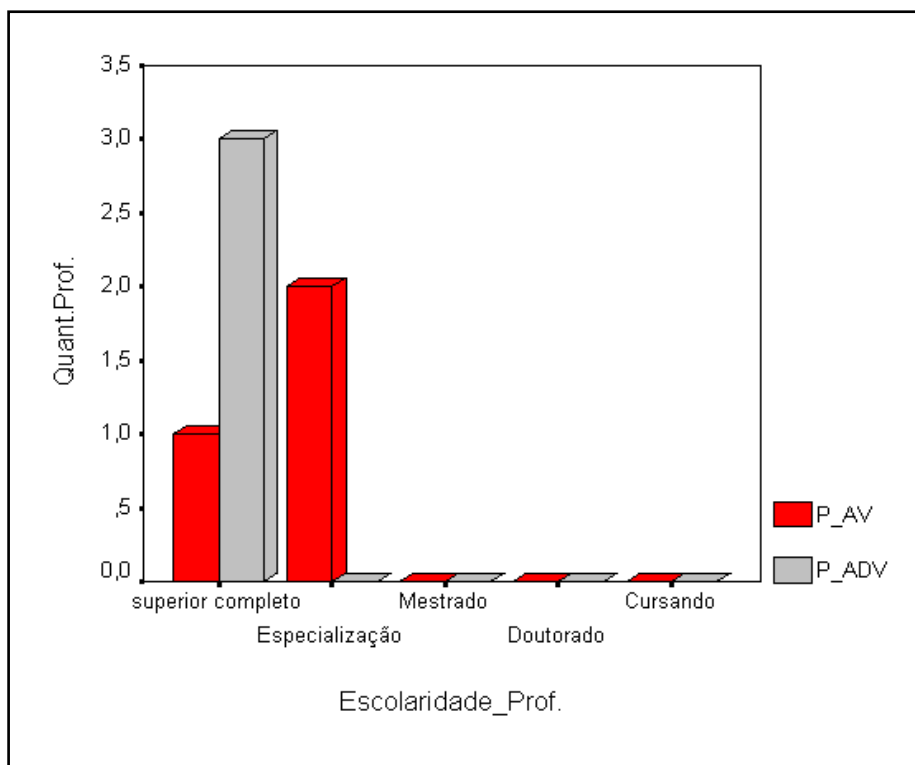
4) Com que frequência você costuma usar o computador?



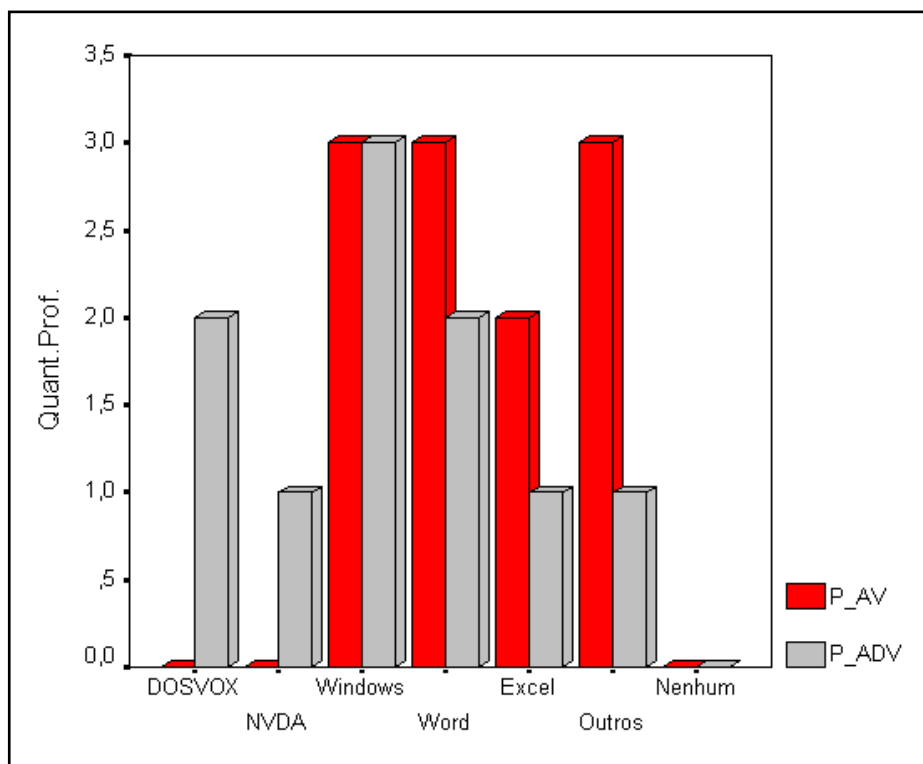
5) Onde você usa com mais frequência o computador?



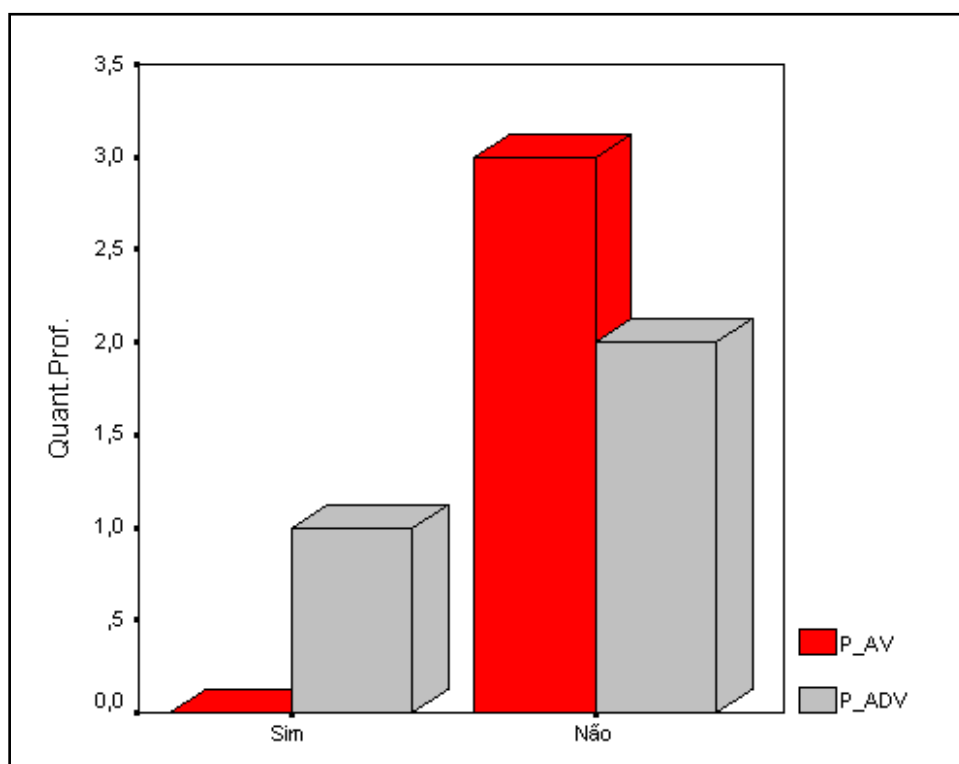
7) Qual o seu grau de escolaridade?



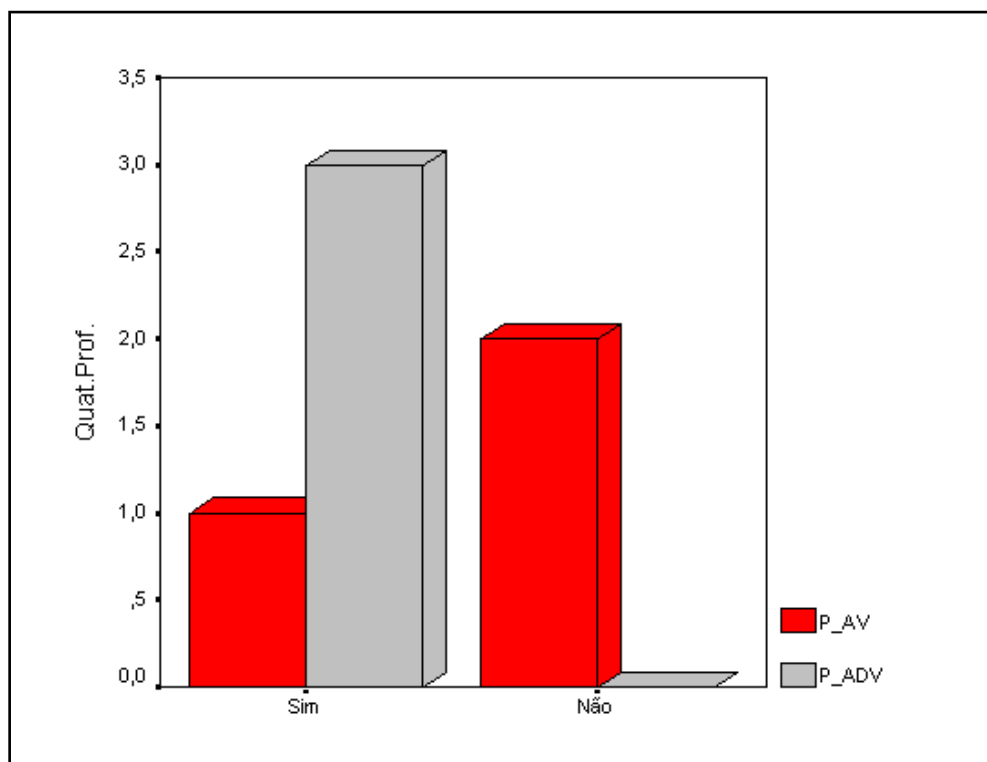
7) O que você sabe utilizar no computador? (marque quantos quiser)



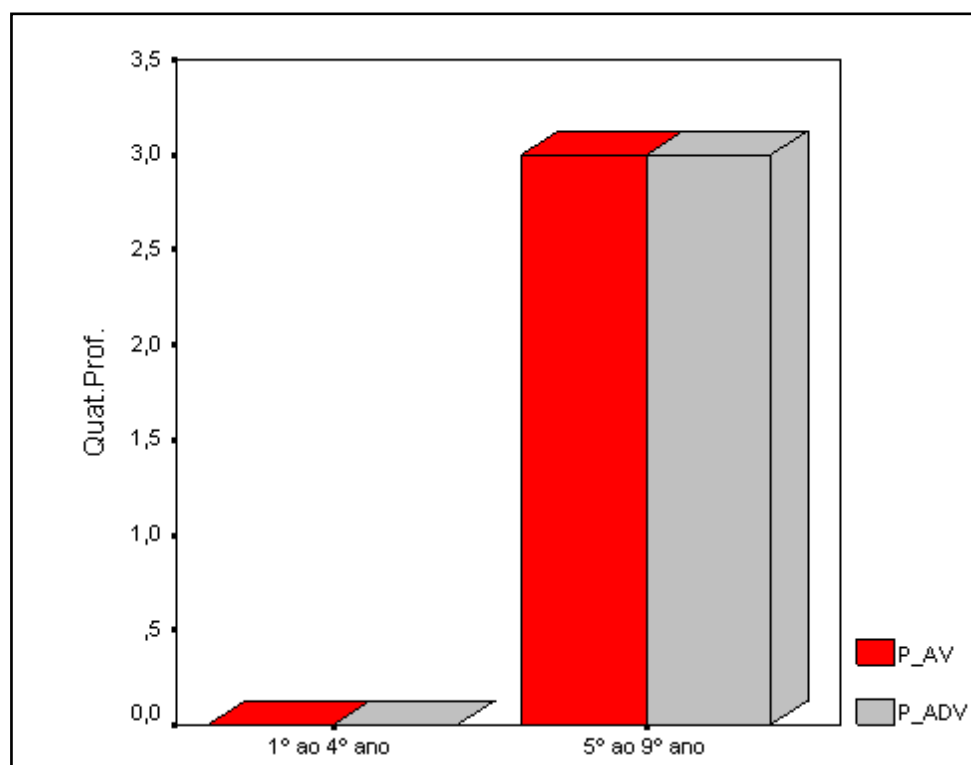
8) Você é deficiente visual?



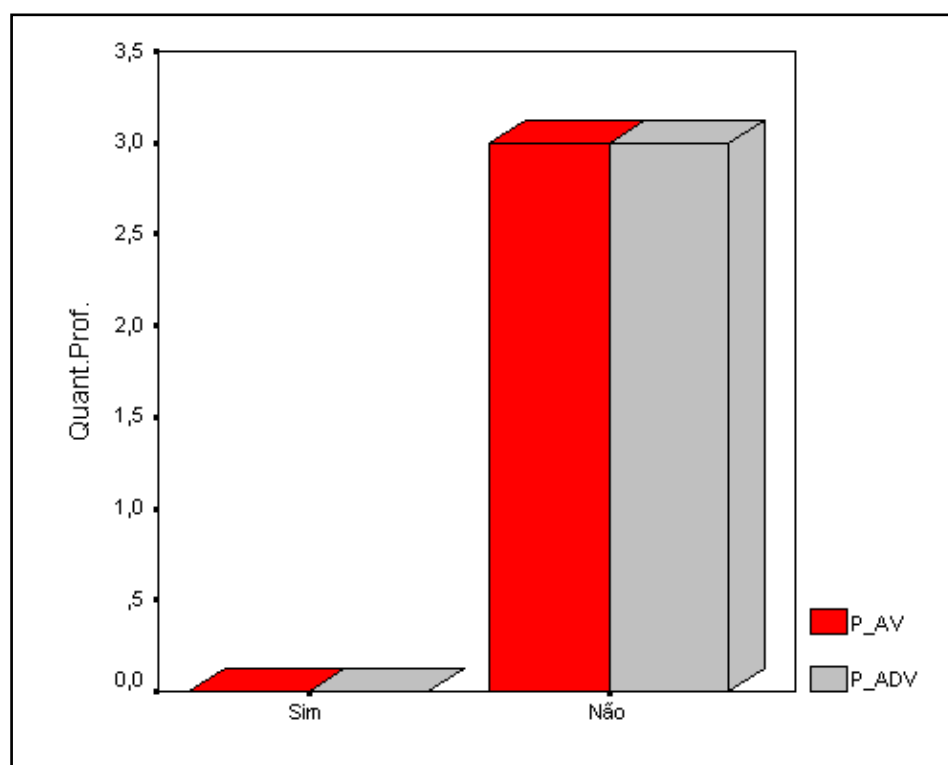
9) Leciona ou já lecionou para alunos deficientes visuais?



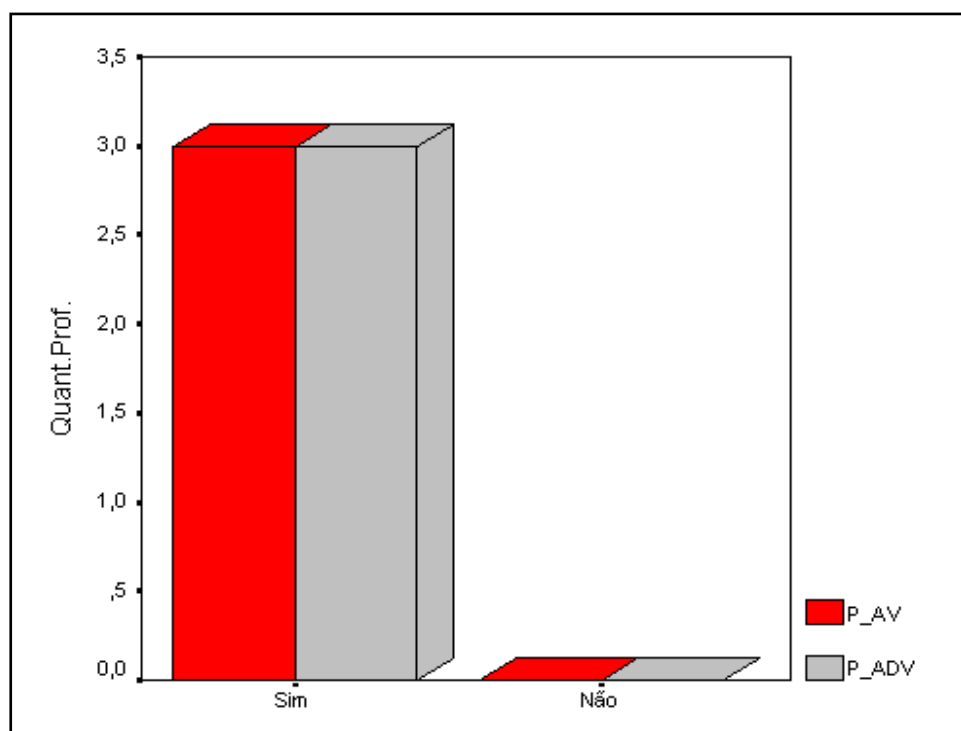
10) Para qual série você leciona?



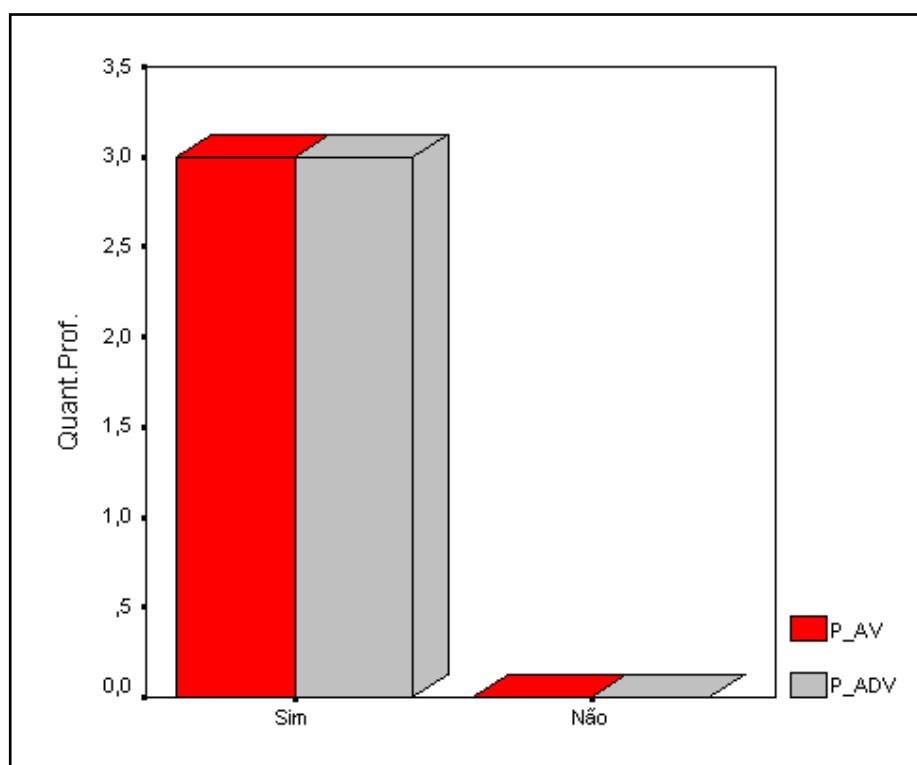
11) Você já utilizou recursos computacionais para complementar sua aula?



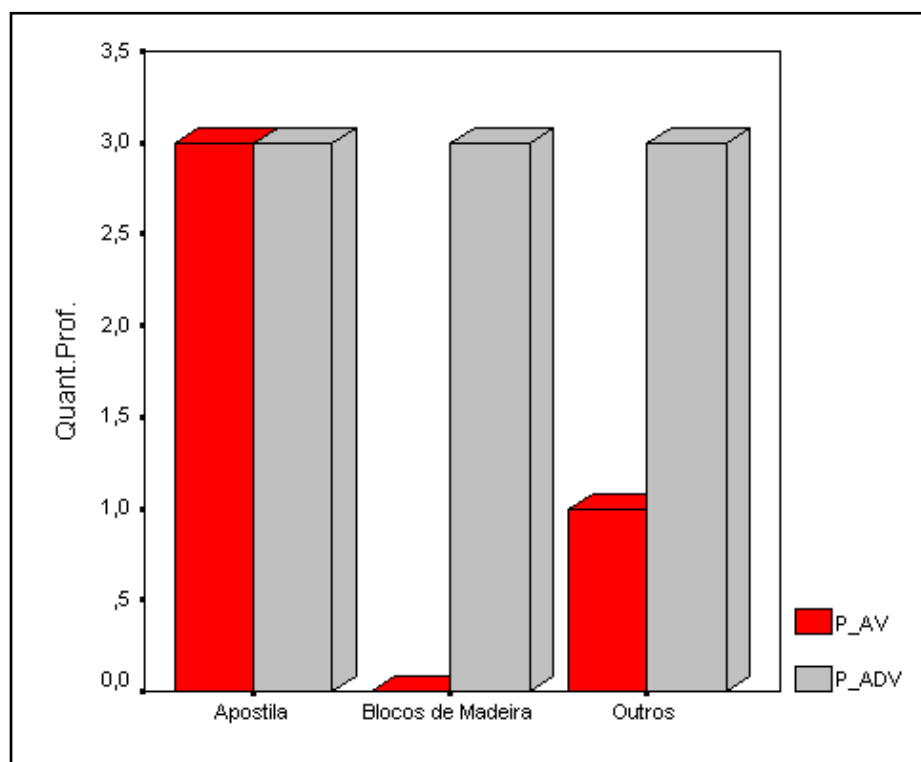
12) Você acredita que falta no mercado recursos tecnológicos para o ensino dos deficientes visuais?



13) Seus alunos tem muitas dificuldade em acompanhar as aulas de geometria?



14) Quais os recursos que você utiliza para lecionar geometria/matemática.

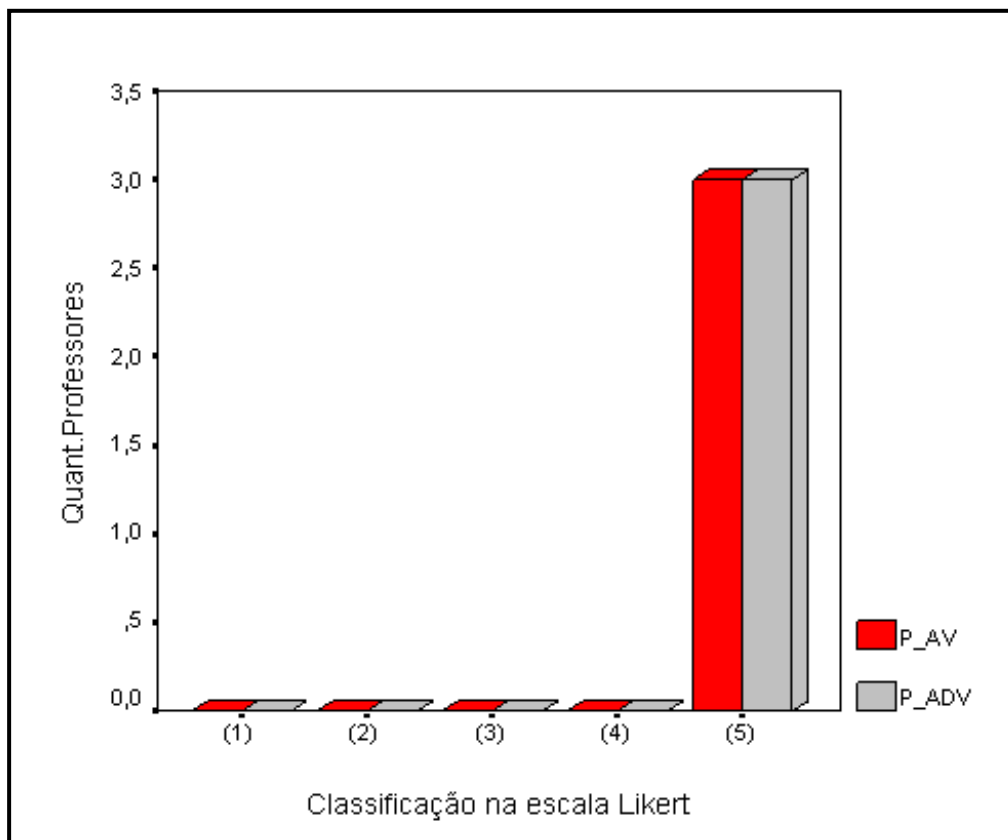


Apêndice C

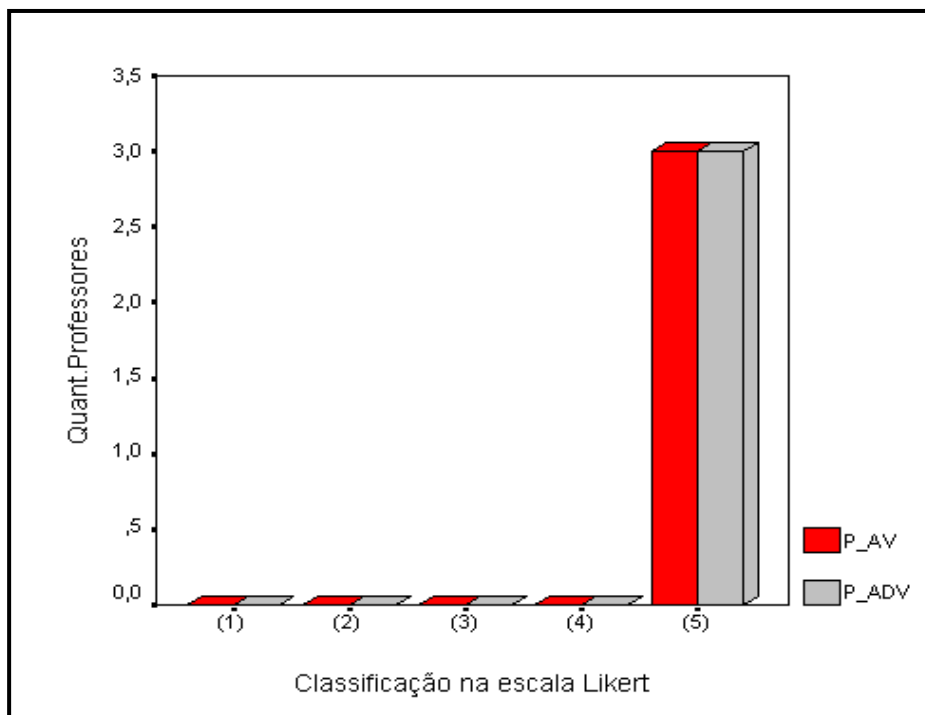
Gráficos referentes ao Questionário II Sondagem final - Tecnologia Geometrix

Publico-Alvo: Professores de Matemática de deficientes visuais do IBC e Videntes

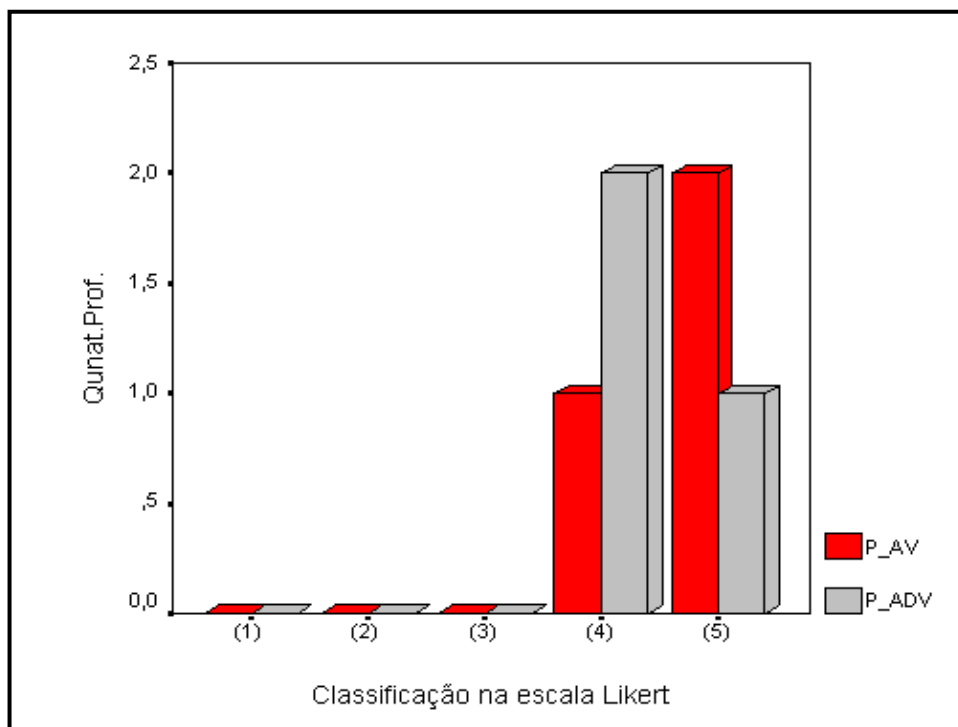
4) Você acredita que o uso das tecnologias assistivas proporciona igualdade de aprendizagem para os alunos deficientes nas salas de aula tradicionais.



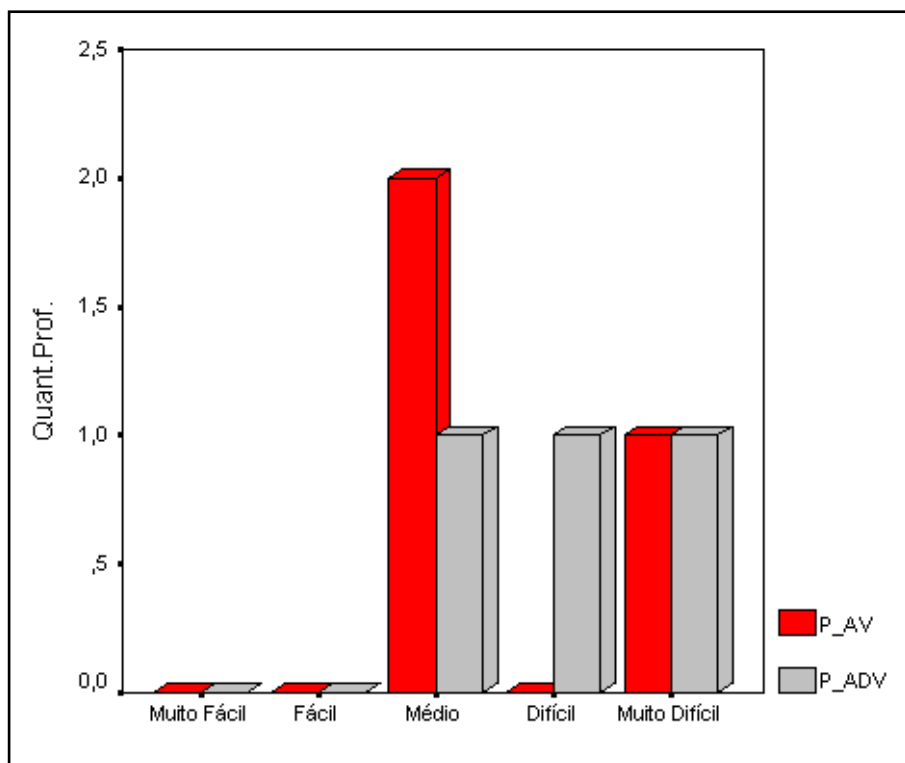
5) Você acredita que o GEOMETRIX pode ser usado tanto por alunos deficientes quanto por alunos videntes?



6) Você acredita que ferramentas como o GEOMETRIX pode ajudar na aprendizagem e na visualização espacial do deficiente visual.



- 7) Quanto à dificuldade de ensinar geometria, se o GEOMETRIX tivesse sido utilizado para alunos do ensino fundamental, você acha que a sua prática de ensino teria sido:



Anexo E

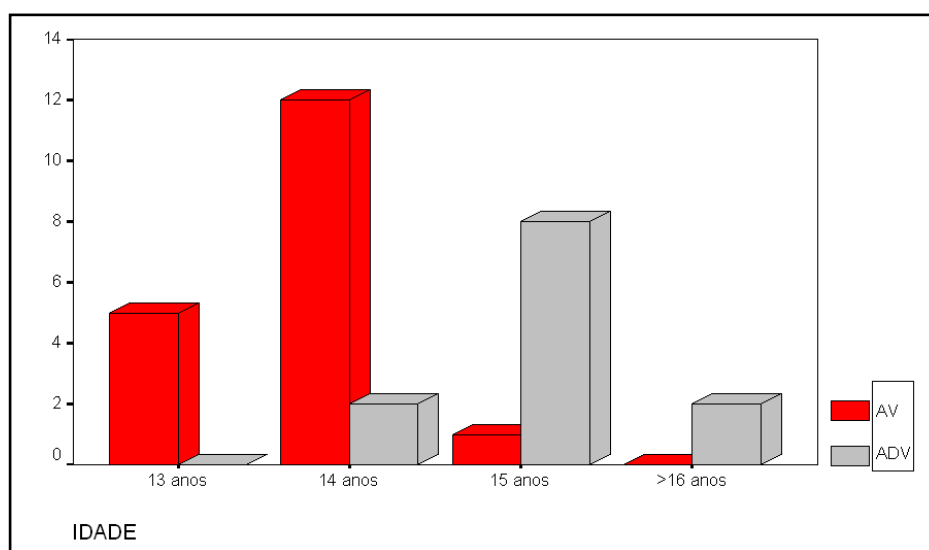
Gráficos referentes ao Questionário III

Sondagem inicial para o levantamento do perfil dos sujeitos da pesquisa

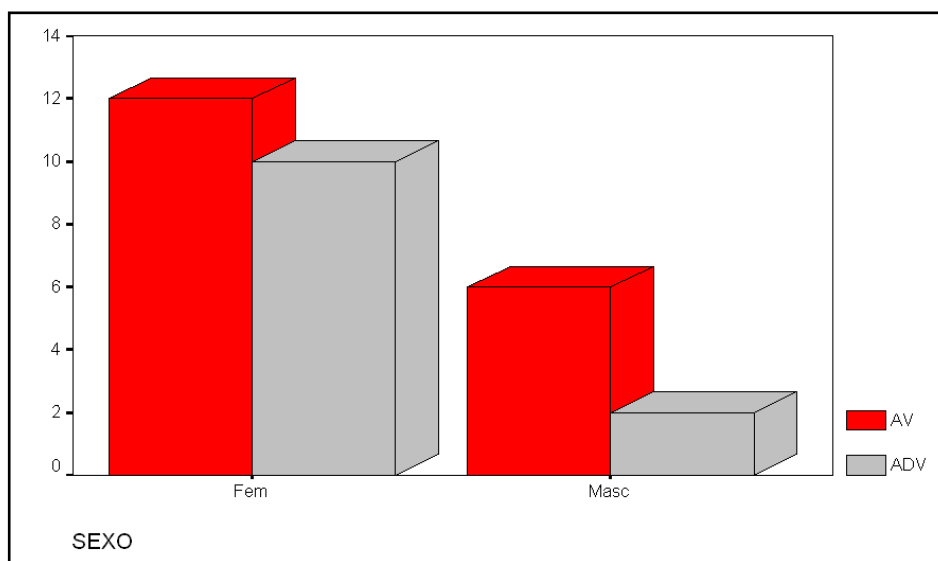
Tecnologia Geometrix

Publico-Alvo: Alunos deficientes visuais do IBC e Alunos Videntes

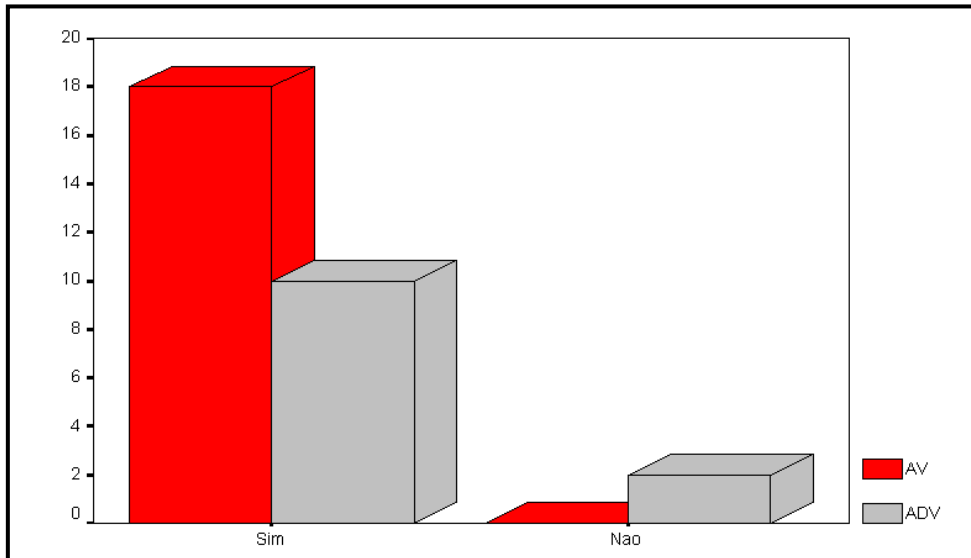
aixa etária:



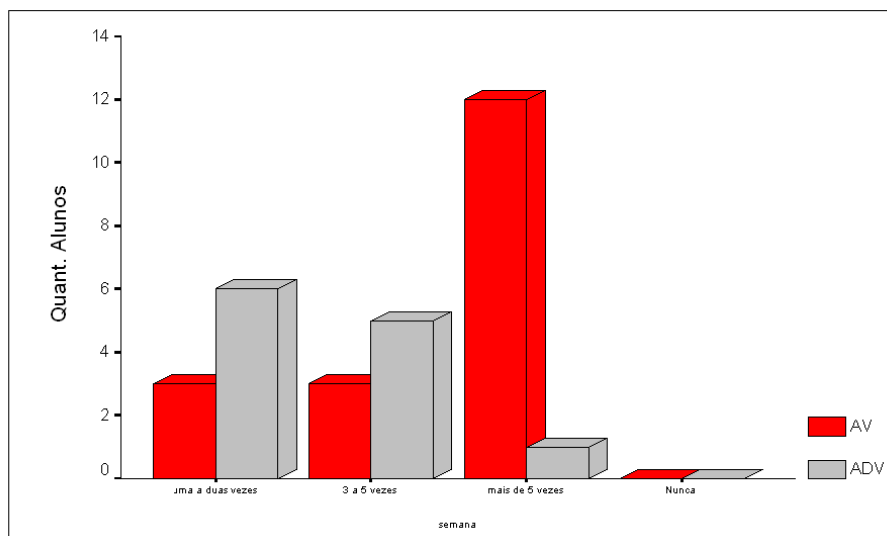
2) Sexo:



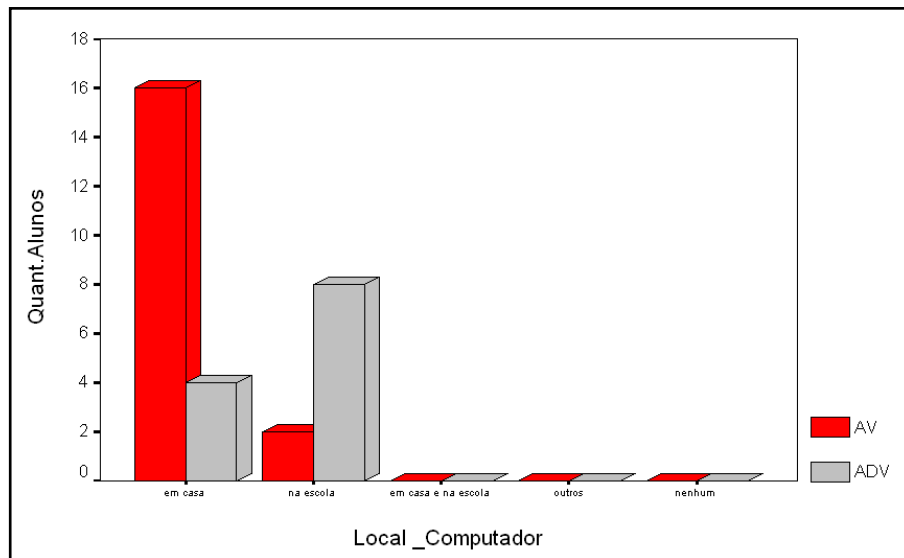
3) Você possui computador em casa?



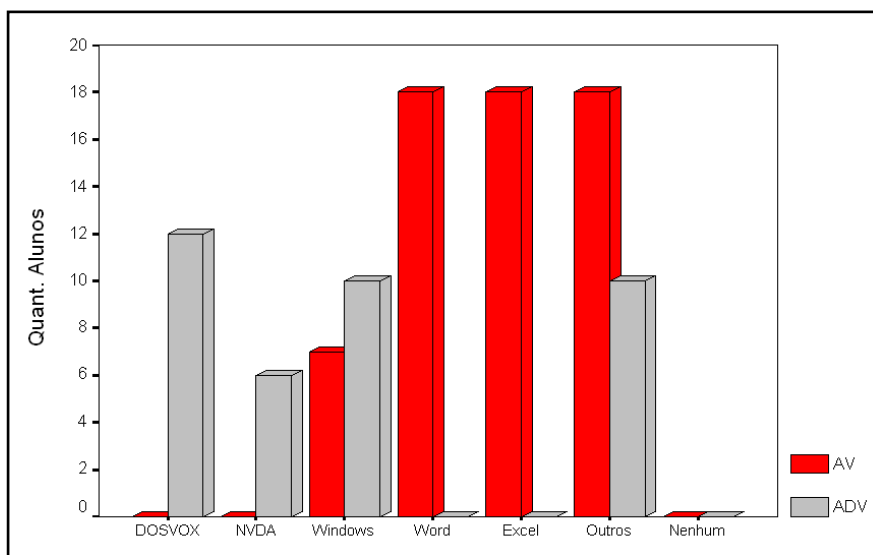
4) Com que frequência você costuma usar o computador?



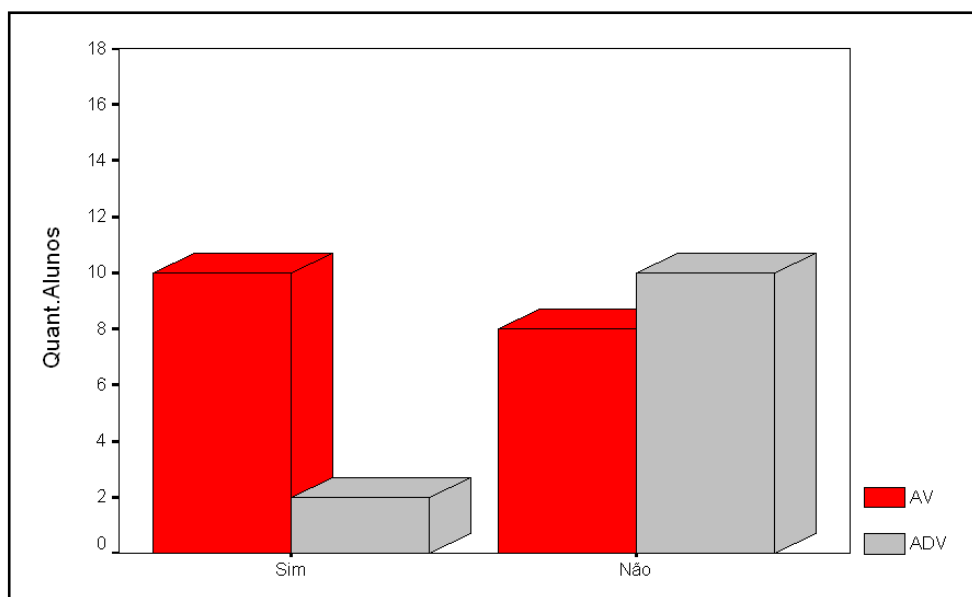
5) Onde você usa com mais frequência o computador?



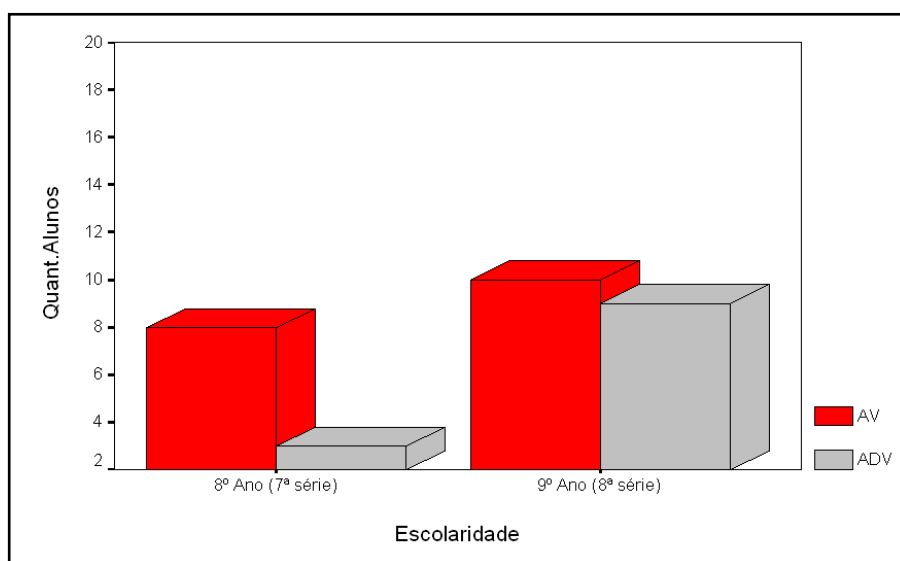
6) O que você sabe utilizar no computador?



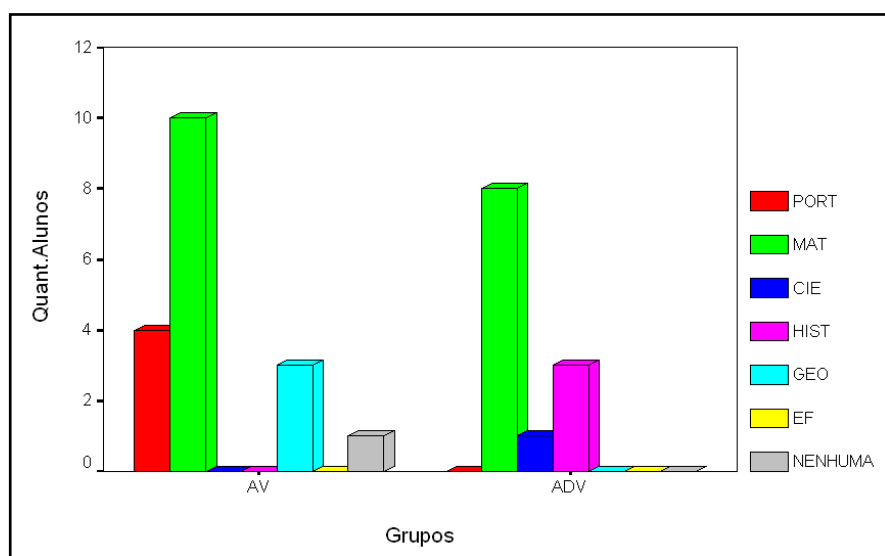
7) Você já teve aula de alguma disciplina no computador?



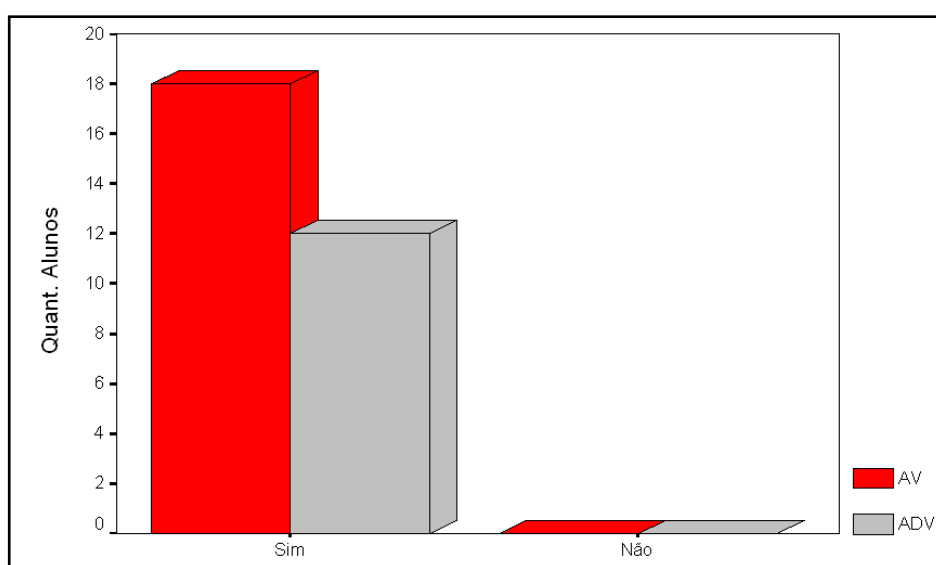
8) Qual ano escolar você está matriculado (a) atualmente?



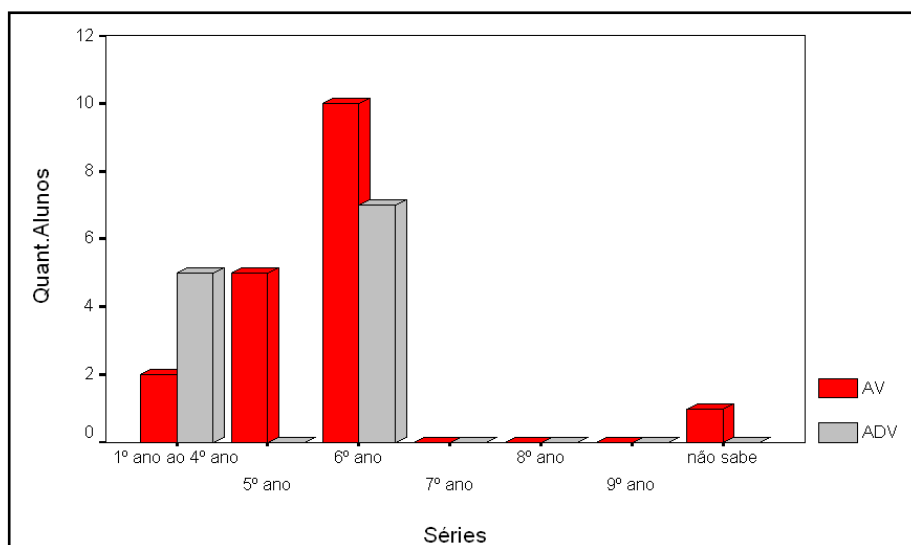
9) Qual da disciplina abaixo você sente maior dificuldade na série que esta cursando:



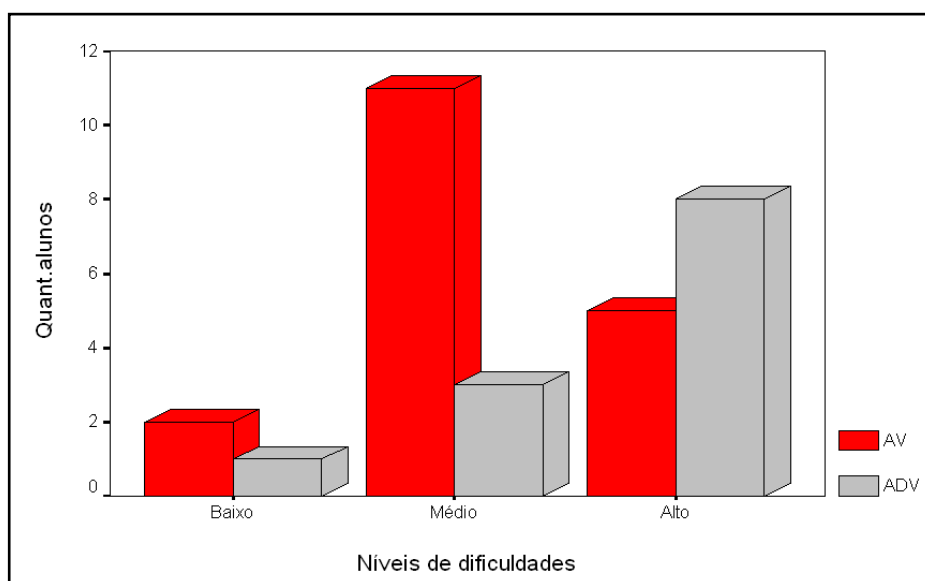
10) Durante o ensino fundamental você estudou Geometria?



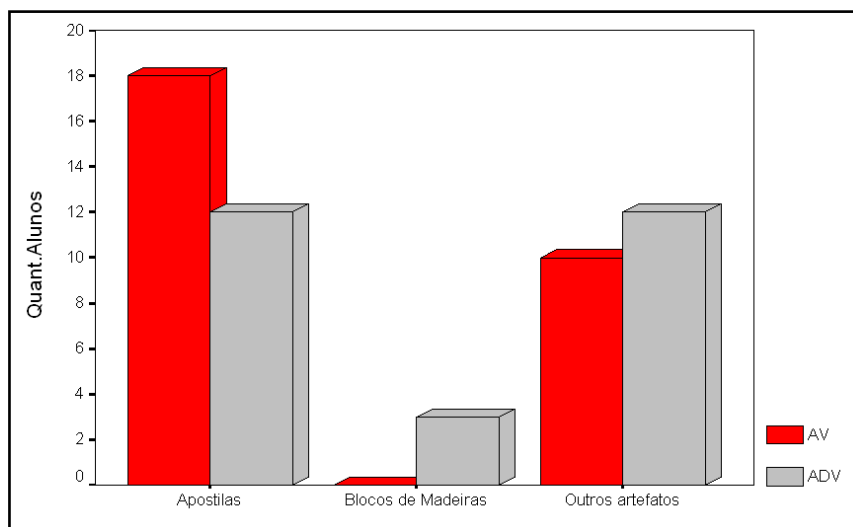
11) Em que série você iniciou o estudo de geometria:



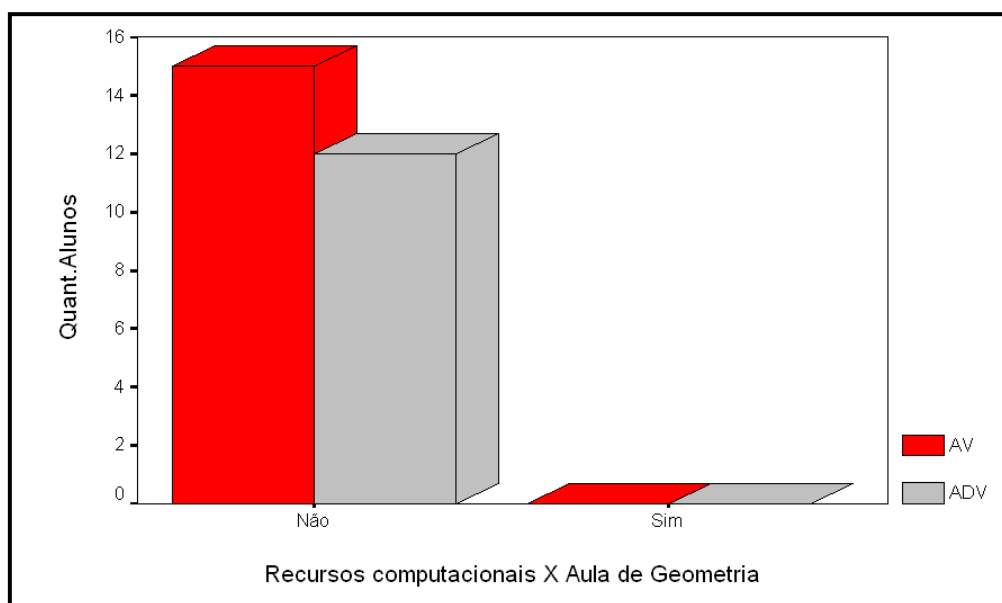
12) Classifique o grau de dificuldade que você tem em assistir as aulas de geometria:



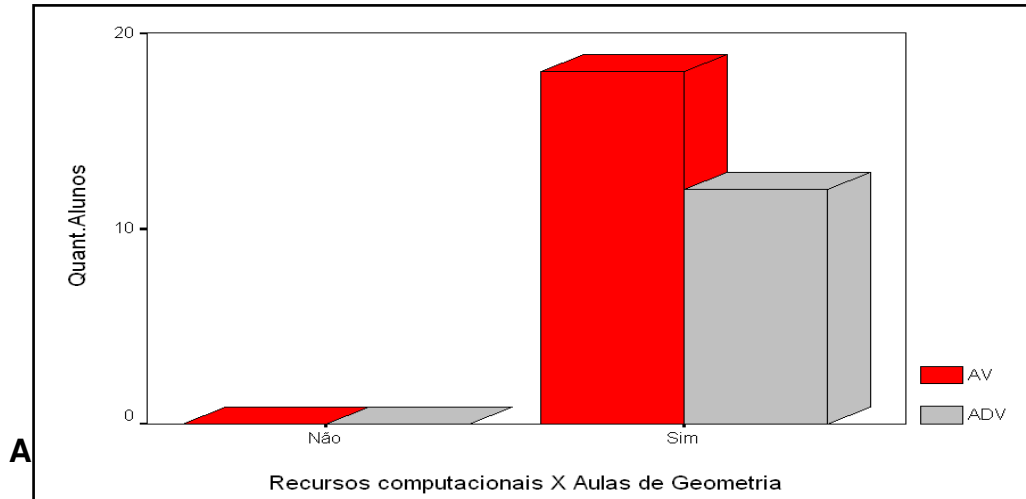
13) Quais os artefatos usados pelos professores para as aulas de geometria:



14) Você já utilizou recursos computacionais (software, hardware) para aprender algum conteúdo de geometria?

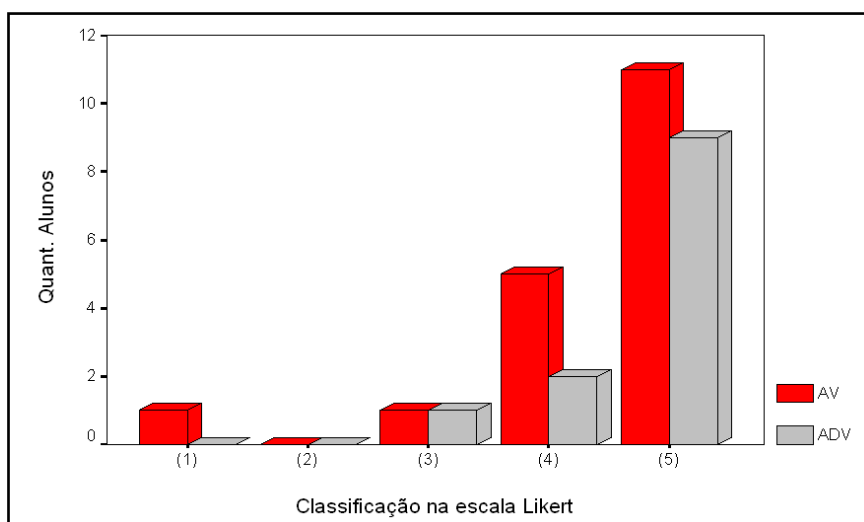


15) Caso não, você acredita que deveria ter mais recursos computacionais para te auxiliar na compreensão de conteúdos de geometria.

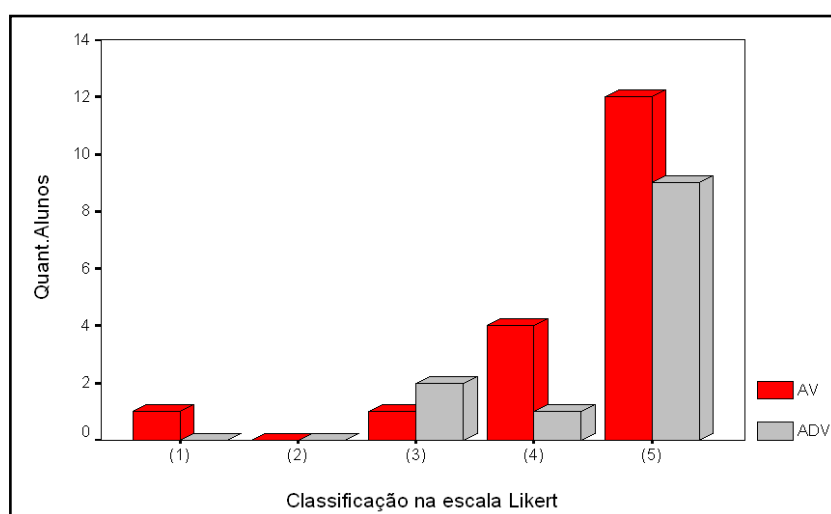


Gráficos referentes ao Questionário IV
Sondagem após o uso da Tecnologia Geometrix
Publico-Alvo: Alunos deficientes visuais do IBC – Alunos Videntes

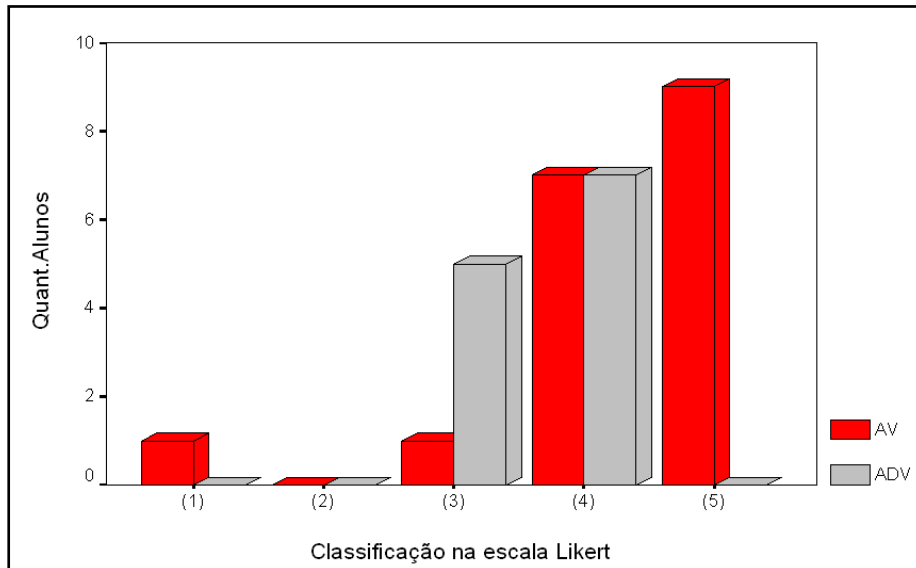
2) O GEOMETRIX facilitou a compreensão dos conceitos de ponto?



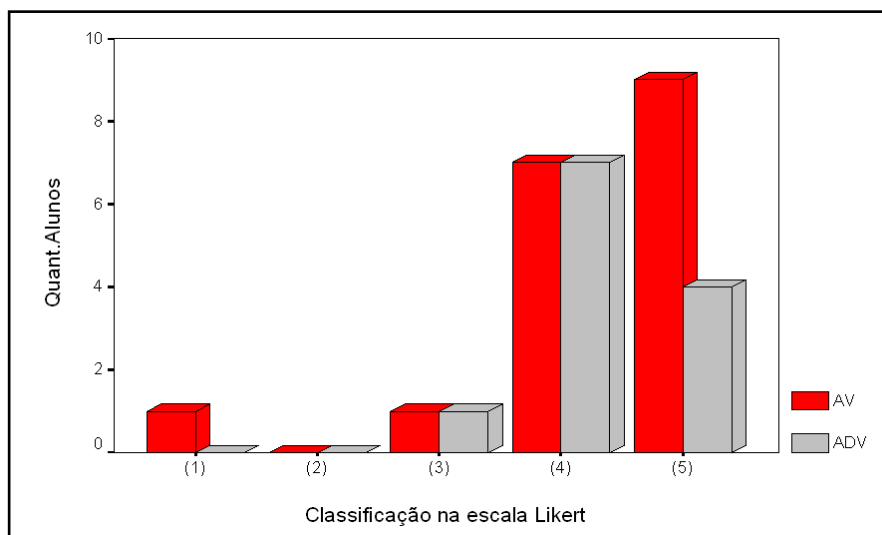
3) O GEOMETRIX facilitou na compreensão dos conceitos de retas?



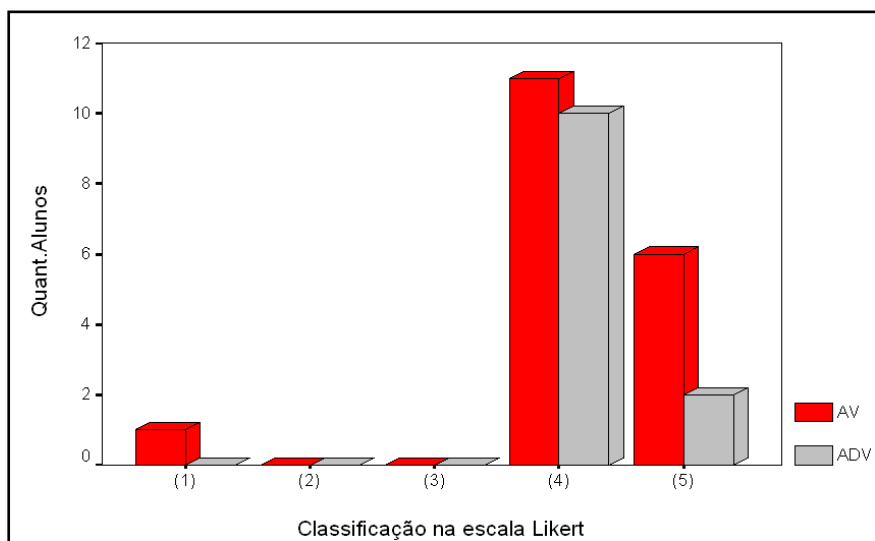
4) O GEOMETRIX facilitou na compreensão dos conceitos de diagonais?



5) O GEOMETRIX facilitou na compreensão dos conceitos de triângulo retângulo?



6) O GEOMETRIX facilitou na compreensão dos conceitos de quadrado perfeito?



7) Você acredita que o GEOMETRIX pode complementar as aulas de geometria tradicionais?

