

Tecnologia inclusiva para deficientes visuais: usando uma luva háptica para enxergar em sala de aula

Inclusive technology for visually impaired: using a haptic glove to see in the classroom

Francisco Carlos de Matos Brito Oliveira¹ y Nukácia Meyre Silva Araújo²

¹Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual do Ceará-UECE. Av. Paranjana 1700, Itaperi – 60740-903, Fortaleza - Ceará (Brasil).

²Centro de Humanidades. Universidade Estadual do Ceará-UECE. Av. Luciano Carneiro, 345, Fátima – 60411-134, Fortaleza - Ceará (Brasil).

E-mail: fran.mb.oliveira@gmail.com, nukacia@gmail.com

Información del artículo

Recibido 31 Octubre 2012
Aceptado 9 Diciembre 2012

Palabras-chave:

Tecnología educacional;
Material didáctico; Software
didáctico; Educação para
cegos.

Palabras clave:

Educación; Tecnología
educacional; Material
didáctico; Software
didáctico; Educación para
cegos.

Resumo

Neste artigo, numa perspectiva de educação inclusiva, trata-se da avaliação – feita por professores e alunos – de uma ferramenta de ensino que permite a estudantes com deficiência visual (EDVs) «ver com as mãos» os gestos de apontar do professor durante uma aula. A ferramenta é um Sistema Dêitico Háptico (SDH) e funciona graças a técnicas de visão computacional. O sistema é capaz de rastrear em tempo real e simultaneamente as mãos de professor e do EDV. No experimento, foram realizadas três etapas de estudo. No recorte que feito aqui, discute-se a terceira, em que foi realizado um estudo exploratório no qual o SDH foi aplicado em salas de aula inclusivas - compostas por EDVs e estudantes videntes (EVs). Numa aula de matemática, professores lecionaram o mesmo conteúdo programático para turmas inclusivas, ora utilizando o SDH, ora não. Os professores concordaram que o uso da tecnologia melhorou a qualidade da instrução. Já os EDVs foram capazes de compreender os conceitos mais rápida e eficientemente quando o sistema foi utilizado. Para os EVs, o uso do sistema melhorou a fluidez das aulas e fez com que os EDVs participassem mais das discussões de sala de aula.

Resumen

En este artículo, desde una perspectiva de educación inclusiva, se trata la evaluación, hecha por profesores y alumnos, de una herramienta de enseñanza que permite a estudiantes con discapacidad visual (EDVs) «ver con las manos» los gestos de apuntar del profesor durante una clase. La herramienta es un Sistema Deítico Háptico (SDH) y funciona gracias a técnicas de visión computacional. El sistema es capaz de rastrear en tiempo real y simultáneamente las manos del profesor y del EDV. En el experimento, hubo tres etapas de estudio. En este artículo, se presenta la tercera etapa, en la que se realizó un estudio exploratorio en el cual el SDH fue aplicado en aulas inclusivas compuestas por EDVs y estudiantes videntes (EVs). En una clase de matemáticas, profesores impartieron el mismo contenido programático para grupos inclusivos, con uso de SDH y sin uso de SDH. Los profesores estuvieron de acuerdo en que el uso de la tecnología mejoró la calidad de la instrucción. Ya los EDVs fueron capaces de comprender los conceptos más rápida y eficientemente cuando el sistema fue utilizado. Para los EVs, el uso del sistema mejoró la fluidez de las clases e hizo con que los EDVs participaran más de las discusiones en el aula.



1. Introdução

Fala, gestos, olhares, postura corporal e expressões faciais fazem parte de processo de comunicação entre humanos. Usam-se gestos para indicar atenção entre interlocutores (mudança de direção do olhar, por exemplo), para indicar mudança de estado emocional (um sorriso largo que se transforma em lábios contraídos) ou simplesmente para apontar uma direção e completar uma informação verbal. Na sala de aula, além das palavras, os gestos podem tornar-se extremamente importantes na complementação de informações em diversas disciplinas. No ensino e prática da Matemática, gestos são largamente utilizados, por exemplo, para apresentar imagens e representações espaciais associadas a conceitos. Quando ilustrações são usadas em sala de aula, três tipos de informação são necessárias para que o aluno tenha uma oportunidade real de entendimento da enunciação do professor: a fala, o material visual, e as referências feitas a esse material através do gesto de apontar. No caso dos deficientes visuais, no entanto, o acesso ao gesto de apontar do professor não é possível. A falta de tal acesso pode ser uma das razões para o baixo desempenho acadêmico quando comparado àqueles sem essa limitação (Dick e Evelyn, 1997). Por outro lado, é possível produzir material didático especial para diminuir esse tipo de dificuldade de interação por estudantes com deficiência visual (EDVs). Nesse artigo, abordamos aspectos relacionados à avaliação – feita por professores e alunos – de um sistema de computação projetado para permitir que EDVs possam entender o gesto de apontar do professor durante as aulas.

Desenvolvemos o Sistema Dêitico Háptico (SDH), a partir de técnicas de visão computacional. Esse sistema – em que é possível apontar através do tato – é capaz de rastrear em tempo real e simultaneamente as mãos de professor e do EDV. Durante a aula em que se usa o sistema, o EDV se mantém sentado em sua carteira como qualquer aluno, enquanto acessa notas de aula especialmente preparadas para ele – notas de aula em Braille e em relevo. Essas notas contêm todas as figuras que serão utilizadas em sala de aula, em uma aula de matemática. O EDV também faz uso uma luva háptica composta de motores que vibram ajudando-o a encontrar, na nota de aula, o ponto referenciado pelo professor, que se mantém diante do quadro branco.

No experimento, foram realizadas três etapas de estudo. No recorte que fazemos aqui, interessamos discutir a terceira, em que foi realizado um estudo exploratório no qual empregamos o SDH em salas de aula inclusivas compostas por EDVs e estudantes videntes (EVs). Professores lecionaram o mesmo conteúdo programático para turmas inclusivas, ora utilizando o SDH, ora não. Os resultados obtidos foram bastante animadores. Para os professores, o uso do sistema permitiu, entre outras coisas, que eles ajustassem o ritmo no qual a aula era ministrada para se assegurar que todos os estudantes (EDVs e EVs) acompanhassem a aula. Os professores concordaram que o uso da tecnologia melhorou a qualidade da instrução. Já os EDVs foram capazes de compreender os conceitos mais rápida e eficientemente quando o sistema foi utilizado. Para os EVs, o uso do sistema melhorou a fluidez das aulas e fez com que os EDVs participassem mais das discussões de sala em aula.

Para apresentar o experimento neste artigo, dividimos o escrito em cinco partes. Na primeira, discorremos sobre educação inclusiva, com foco especial na educação para EDVs; na segunda, apresentamos o Sistema Dêitico Háptico; na terceira, tratamos brevemente da compreensão de conceitos matemáticos por EDVs; na quarta, descrevemos o estudo exploratório feito numa sala de aula inclusiva e, por último, na quinta seção, apresentamos as impressões dos professores e alunos sobre o uso do SDH.

2. Os desafios da educação inclusiva

Nesta seção, apresentamos a perspectiva de educação que subjaz à produção e aos objetivos da ferramenta de ensino construída na pesquisa para auxiliar EDVs a «ver com as mãos»: tratamos de educação inclusiva. O princípio geral da educação inclusiva pauta-se na necessidade de inclusão de alunos portadores de necessidades especiais no sistema regular de ensino. A educação inclusiva abrange adaptação curricular, em que se oferece suporte tanto ao professor como ao aluno portador de necessidades

especiais, em ambientes que maximizem o desenvolvimento acadêmico e social. Uma das formas de incluir o aluno com necessidades especiais é produzir metodologias e materiais didáticos específicos para cada tipo de aluno. Falemos um pouco dos estudantes com deficiência visual (EDVs).

EDVs compartilham entre si uma condição diferente daqueles que enxergam. Eles se utilizam de outros sentidos para obter as informações necessárias ao aprendizado. Infelizmente, em salas de aula inclusivas, essas informações são normalmente adquiridas de forma «fragmentada, inconsistente e passiva» (Gray, 2005:180). As lacunas deixadas no desenvolvimento de conceitos podem «afetar a habilidade desses alunos de inferir, predizer, compreender e criar durante as atividades de sala de aula» (Bardin e Lewis, 2008:473). Déficits no entendimento influenciam negativamente a habilidade de o aluno responder ao comportamento do professor, impactando assim sua participação em sala de aula e conseqüentemente o aprendizado.

O objetivo da educação inclusiva, para EDVs, é fornecer a eles apoio e serviços suplementares de tal forma a capacitá-los a acompanhar a instrução em sala de aula com os demais alunos sem deficiência. É importante salientar que a Educação Inclusiva (EI) é benéfica não somente para os alunos especiais (Dick e Evelyn, 1997), mas também para aqueles ditos «normais» (Staub y Peck, 1994). Educação inclusiva não é somente pedagógica e politicamente correta, ela é amparada e prevista em lei. O artigo 24 da Constituição Federal Brasileira (Brasil, 1998) determina a integração social das pessoas portadoras de deficiência. O Estatuto da Criança e do Adolescente (Brasil, 1990), artigo 53, prevê a acomodação dos portadores de deficiência na rede regular de ensino.

Entretanto, propiciar acesso igualitário aos EDVs não é tarefa fácil. Se EDVs não tiverem acesso a condições que lhes permitam acesso total ao currículo da educação regular, terminam permanecendo no ensino segregado (La Venture, 2003). Sem as condições necessárias para mitigar os efeitos de suas deficiências no aprendizado, EDVs continuarão a ter desempenho acadêmico inferior aos seus colegas não deficientes. As tecnologias assistivas, por exemplo, podem ajudá-los a superar as dificuldades impostas pela deficiência promovendo melhorias no nível de aprendizado.

Uma das dificuldades do EDV é acessar gestos que acompanham a fala. Os gestos que «são considerados meios para expressar pensamentos e formas, além da compreensão de mundo, podendo apresentar relações espaciais complexas, apontar direções e mostrar o formato de objetos reais e imaginados» (Pereira, 2010:19), são elementos importantes na interação em sala de aula. Não ter acesso a eles é perder parte dos sentidos que podem ser construídos a partir do gesto de apontar, por exemplo. O gesto de apontar acompanha, na interação, a dêixis discursiva, ou seja, a atitude de apontar usando o próprio discurso (através do uso de pronomes e advérbios, por exemplo). Sobre uma das possibilidades de utilização de uso de tecnologia assistiva com EDVs, em que se trabalha com a dêixis e o gesto de apontar, falamos na próxima seção.

3. O Sistema Dêitico Háptico

Nesta seção, apresentamos o Sistema Dêitico Háptico, a tecnologia sobre a qual tratamos neste trabalho. Antes de explicar o que é o sistema, no entanto, é necessário explicar os fenômenos linguístico-discursivos da referência e da dêixis. A referência «é uma operação por meio da qual representamos por meio de palavras, os seres, os objetos, os sentimentos, etc.» (Cavalcante, 2008:7). Entre essas formas de representar, está uma que é fundamental à comunicação humana, a dêixis. O termo dêixis significa apontar, indicar. A localização e a identificação de pessoas, objetos, atividades em relação a um contexto espaço-temporal é o que constitui a dêixis. Esse fenômeno, que acontece na esfera textual-discursiva, normalmente é acompanhado por outro fenômeno que se dá esfera física, o gesto dêitico ou o gesto de apontar. Os dois fenômenos manipulariam o foco de atenção dos interlocutores durante a interação verbal e dariam pistas para a construção de referentes no espaço e no tempo da enunciação do discurso.

No ensino de matemática, a dêixis espacial é um fenômeno comumente utilizado para promover a visibilidade de objetos concretos. No caso dos EDVs, a inacessibilidade dos objetos de discurso (neste caso, aquilo para onde se aponta, um ângulo em uma figura geométrica, por exemplo) prejudica o entendimento de variados conteúdos. O Sistema Dêitico Háptico (SDH) pode evitar esse tipo de problema. Esse sistema, em que é possível apontar através do tato, é capaz de rastrear em tempo real e simultaneamente as mãos de professor e do EDV. Durante a aula em que se usa o sistema, o EDV se mantém sentado em sua carteira como qualquer aluno, enquanto acessa notas de aula especialmente preparadas para ele – notas de aula em Braille e em relevo. Essas notas contêm todas as figuras que serão utilizadas em sala de aula, em uma aula de matemática. Além das notas de aula, o EDV também faz uso uma luva háptica composta de motores que vibram ajudando-o a encontrar, no material didático, o ponto referenciado pelo professor, que se mantém diante do quadro branco.

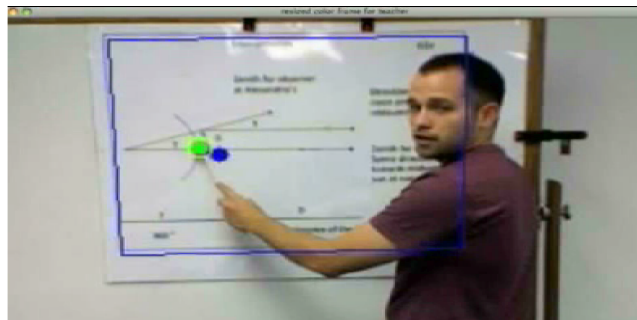


Figura 1. Professor e EDV convergem para o mesmo ponto focal

O SDH responde aos gestos dêiticos do professor em tempo real e unifica o gesto dêitico, as informações contidas no material didático e as informações contidas no discurso do professor. A figura 1 ilustra uma aula em que a tecnologia foi utilizada. A figura reproduz o momento em que o professor está apontando e dizendo: «Está vindo daqui» enquanto toca com seu bastão (cujas pontas aparecem verde na figura) o ponto no gráfico também identificado por «daqui». O EDV, com a ajuda do dispositivo háptico, chega ao mesmo ponto (o ponto azul na figura). Este caso bem sucedido de referência conjunta ilustra a «fusão da informação» que pretendemos criar para o EDV – três tipos essenciais de informação: discurso, material visual e gesto dêitico unificando-os.

A figura 2 exhibe os componentes do SDH conforme reportado em (Quek, McNeill & Oliveira, 2006; Oliveira, *et al.* 2010) e com mais profundidade em (Oliveira, *et al.* 2011) e (Oliveira, 2010). Nos painéis A e C, temos uma cena de sala de aula em que o professor aponta para um pôster enquanto é acompanhado por uma EDV e uma EV. Os gestos de apontar do professor (realizados com o bastão) são rastreados pela câmera embutida no computador. O painel B mostra as duas estudantes. A EDV está com sua mão sobre a versão em relevo da ilustração constante no pôster (painel E). Uma câmera de vídeo rastreia os movimentos da mão da EDV. Já o painel D apresenta a tela do computador que está voltada para o professor e que exhibe as imagens capturadas pela câmera que o rastreia acrescidas dos indicadores de apontamento dele e da EDV – pontos verde e azul. O painel E exhibe o campo de visão dessa câmera. No painel F, podemos observar detalhes internos da luva háptica.



Figura 2. O Sistema Dêitico Háptico (SDH)

Durante a instrução, a câmera embutida no computador rastreia o professor enquanto a outra rastreia a mão da EDV. Uma vez identificado, o ponto de acesso da EDV (para onde ela está apontando) é transformado para plano definido pelo campo de visão da câmera que captura o dêitico do professor. O sistema então calcula o vetor de disparidade (direção e distância) entre o ponto para o qual o professor está apontando (ponto verde) e o de acesso da EDV. Motores vibratórios montados na luva háptica informam a direção para onde a aluna deve mover sua mão de forma que possa acessar o ponto referenciado pelo professor. Em essência, o sistema ajuda o EDV a descobrir para onde o professor está apontando, aumentando suas possibilidades de entendimento do comportamento deste. Inversamente, ao observar a tela do computador, o professor obtém evidência de que o aluno está acompanhando a explanação ou não, dando-lhe a oportunidade de intervenção a fim de maximizar as oportunidades de aprendizado do EDV. Após explicar o que é o Sistema Dêitico Háptico, tratamos na próxima seção da compreensão de conceitos matemáticos por EDVs.

4. A compreensão de conceitos matemáticos por EDVs

Inúmeros estudos psicolinguísticos mostram que deficientes visuais possuem surpreendente capacidade de formar imagens mentais, além de memória visual (Haber, Haber, Levin, Hollyfield, 1993), (Millar, 1985), (Kennedy, 1993:5). Tal capacidade pode ser recrutada para o pensamento matemático. Crianças cegas também são capazes de gesticular inclusive para outras crianças cegas (Iverson, Goldin-Meadow, 1998). A autora as observou enquanto usavam as mãos como se estivessem segurando algo que contivesse algum líquido e em seguida derramando-o noutro recipiente. Apesar de não ser um conceito matemático, o gesto não é diferente daqueles utilizados em discussões matemáticas. Concluímos assim que os EDVs são perfeitamente equipados para entender e trabalhar com conceitos matemáticos. Para motivar a discussão que se segue, consideremos um professor explicando a função seno para uma turma ensino médio composta apenas de estudantes sem deficiência visual. O professor se vale da imagem exibida na figura 3 apontando para ela durante a explicação.

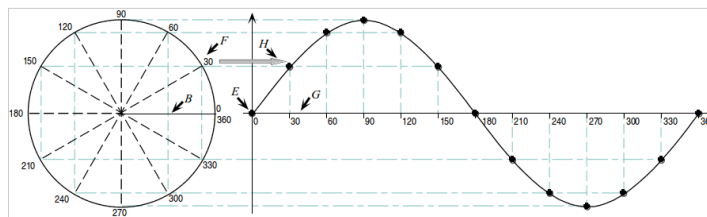


Figura 3. Uma possível ilustração para a função seno

Ele poderia dizer¹: «A [função seno]A {aponta para senoide}{ver ilustração dos movimentos na figura 2) traça a altura da ponta de um [braço rotatório]B {Aponta para B na figura – as letras em itálico não aparecem na ilustração utilizada pelo professor} à medida que ele contorna [o círculo]C {o gesto de apontar acompanha o traçado da circunferência no sentido anti-horário}. Quando o braço está [em zero grau]D {aponta para zero no círculo}, o [valor da função seno é zero]E {aponta para E}. Quando o braço está [a trinta graus]F {aponta para F}, o valor da função seno para [trinta graus]G {aponta para G} [é este]H {o gesto de apontar acompanha o traçado mostrado pela seta}...» O professor continua a discussão mostrando o traçado em forma de onda. Embora exemplo dado tenha sido simplificado a ponto de ser tornar um monólogo (quando o desejável seria uma discussão com os alunos), ele serve para ilustrar que o discurso matemático é uma complexa interação social envolvendo a fala do professor e de alunos, o material didático e o comportamento corporal exibido tanto pelo professor como pelos alunos. Muitos conceitos matemáticos estão intimamente ligados ao raciocínio espacial e à capacidade de criação de imagens mentais. A dêixis é um fenômeno importante nessa construção de conhecimento, uma vez que a dinâmica da interação entre professor e alunos requer a manutenção de discurso situado ligando uma eventual ilustração às referências a ela feitas no decorrer da enunciação.

No monólogo apresentado como exemplo, o aluno teria dificuldades para acompanhar a explicação do professor sem o acesso à ilustração ou ao ato de apontar do professor (gesto dêitico) que ocorre em sincronia com os objetos de discurso nomeados («função seno», «braço rotatório», «valor da função seno») ou com os dêiticos ou expressões dêiticas («em zero grau», «a trinta graus», «este») a que o professor alude no discurso. Pode-se imaginar a dificuldade de um EDV em entender a função seno sem ter o acesso a ambos recursos de comunicação (o gesto de apontar e a dêixis no discurso). Este é provavelmente um dos principais motivos pelos quais EDV apresentam maiores dificuldades de aprendizagem em relação àqueles sem a deficiência tanto em matemática quanto em ciências em geral (Williams, 2002). Fica portanto caracterizada a necessidade de se propor estratégias (que no caso dos EDVs podem ser mediadas por ferramentas de ensino) capazes de fornecer indicadores de percepção espaço-temporais (IPET) aos EDVs semelhantes àqueles utilizados pelos EVs no entendimento da fala e comportamento corporal do professor durante a instrução.

5. O uso do sistema em sala de aula inclusiva - Um estudo exploratório

5.1. Desenho do experimento e sujeitos de pesquisa

Antes de iniciar o experimento, projetamos dois minicursos de matemática: um cobrindo conceitos de geometria plana e outro versando sobre trigonometria. Os cursos eram compostos de três lições. A tabela 1 mostra os objetivos dos minicursos.

¹ Na transcrição da fala, os gestos de apontar são marcados pelas letras sobrescritas, a duração do gesto é marcada pelos colchetes e os comentários a respeito do que ocorre no momento da enunciação figura entre chaves.

Tabela 1. Minicursos, suas lições e objetivos

Lição	Curso A (objetivos)	Curso B (objetivos)
1	Visão geral sobre o problema de Eratóstenes; Aprender como medir o ângulo dos raios de sol utilizando comprimento de sombra; Entender os conceitos geográficos de trópico e solstício e sua relação como o ângulo dos raios de sol que incidem sobre a Terra.	Entender conceitos de seno, cosseno e tangente; Resolver problemas utilizando funções trigonométricas.
2	Entender a Proposição Euclidiana 33, Livro IV; Aprender a resolver proporções quando trabalhando com círculos Transferir a medida do ângulo do raio de sol com relação ao centro da Terra para calcular a circunferência da Terra através da resolução de equações proporcionais.	Entender o relacionamento a função seno e o círculo unitário.
3	Aprender como estimar a circunferência da Terra utilizando o método de Eratóstenes.	Entender o que significa π ; Entender a diferença entre graus e radianos

Os minicursos foram ministrados em formato inclusivo com turmas compostas por três EVs e um EDV. Turmas que assistiram a um minicurso em que o SDH fora empregado, assistiram ao outro sem o uso do sistema. Dois professores foram recrutados, um para cada curso. Estes ministraram seus cursos com e sem o emprego do sistema. Esse formato permitiu que, ao final dos estudos quando foram entrevistados, todos participantes tivessem uma ideia clara do que é ministrar/assistir aulas de matemática (de complexidade semelhante) com e sem o uso do sistema. Esse estudo exploratório e os dois estudos iniciais foram realizados na *Wright State University* (WSU), Dayton, Ohio. A WSU dispõe de instalações apropriadas para portadores de diversos tipos de deficiências sendo, por isso, é uma das instituições de ensino superior mais procuradas nos Estados Unidos por pessoas com necessidades especiais. Todos sujeitos de pesquisa envolvidos nesse estudo exploratório, ou eram alunos da WSU, ou foram recrutados na região metropolitana de Dayton. Os cinco EDVs treinados (C1..5, na tabela 2), vinte e três EVs de diversos cursos de graduação não relacionados à matemática da WSU (V1..23, tabela 2) constituíram sete turmas. Cinco dessas turmas eram compostas de um EDV e 3 EVs. As outras duas turmas continham apenas por EVs e funcionaram como grupos de controle «status quo».

Tabela 2. Como as turmas foram formadas

	Curso A (P1)	Curso B (P2)
Somente EVs	v16, v17, v18, v19	v20, v21, v22, v23
Inclusiva c/ SDT	c1, c2,v2,v3 c2, v4, v5, v6	c3, v7, v8, v9 c4, v10, v11, v12 c5,v13, v14, v15
Inclusiva s/ SDT	c3, v7, v8, v9 c4, v10, v11, v12 c5, v13, v14, v15	c1, v1, v2, v3 c2, v4, v5, v6

Dois professores (P1 e P2, tabela 2) lecionaram os cursos A e B respectivamente. À época do estudo, o professor P1 era aluno do curso de Mestrado em Matemática da WSU, enquanto a professora P2 já possuía mais de trinta anos de ensino de Matemática para turmas do ensino médio. Nem P1 nem P2 tinham qualquer experiência no ensino a EDVs, quer no formato segregado, quer no inclusivo.

5.2. Coleta de dados

Toda interação de sala de aula foi capturada em vídeo por câmeras dispostas de acordo com o esquema exibido na figura 4. Tivemos ao todo 36 conjuntos de dados (3 lições por minicurso x 6 aulas por minicurso x 2 minicursos), totalizando 752,62 minutos gravados em 108 arquivos de vídeo. Toda interação capturada em vídeo foi transcrita e codificada o que corresponde a 9.424 turnos conversacionais contendo 96.961 palavras. Também identificamos o orador e a duração em segundos de cada turno. Para cada lição criamos um «projeto», utilizando a ferramenta de auxílio à análise situada *MacVisSTa* (Rose, Quek, Shi, 2004). Cada um desses projetos compreende os três vídeos daquela lição e toda a transcrição do discurso, estando tanto os vídeos como os discursos devidamente sincronizados.

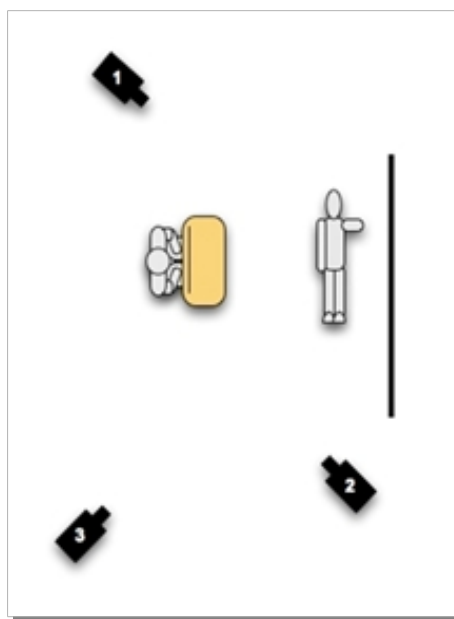


Figura 4. Três Câmeras capturam diferentes aspectos da interação

A figura 5 mostra uma tela de análise interação de sala de aula utilizando o aplicativo *MacVisSTa*. O painel no alto e à esquerda exibe o vídeo do instrutor com a posição de leitura do aluno superposta (ponto verde). Já o painel no alto e ao centro exibe um segundo vídeo (sincronizado com o primeiro) de dois estudantes assistindo a aula. O painel no alto e à direita apresenta o terceiro vídeo, também sincronizado com os dois primeiros. Ainda na mesma figura, no painel inferior, podemos observar diversas «raias». Os discursos do professor e dos alunos ocupam, cada um, uma raia.

No momento em que a figura foi obtida, o professor falava e os alunos permaneciam em silêncio – a raia que corresponde ao discurso do professor exibe as palavras que ele está proferindo naquele momento. A ferramenta permite a criação de outras raias que podem ser usadas para marcar trechos importantes da interação (como a transmissão de um determinado conceito) ou ainda simples anotações. Quando os vídeos tocam, as raias se movimentam de forma que exibem informação consistente com os vídeos.

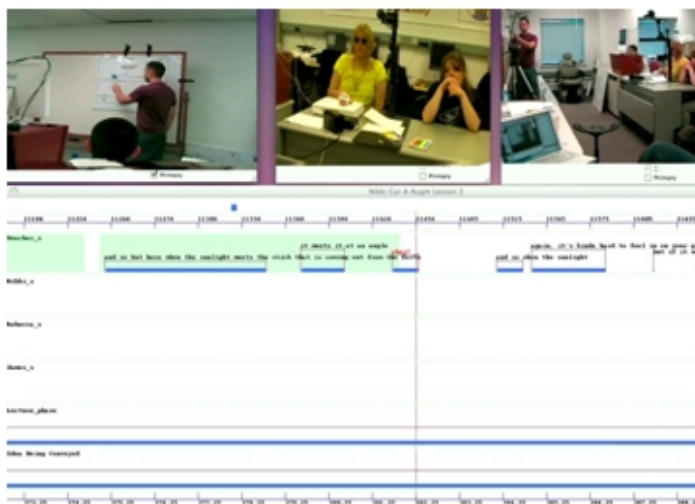


Figura 5. Análise Situada utilizando o MacVisSTa

Ao final dos estudos, todos os participantes foram entrevistados. A equipe de pesquisa preparou um conjunto de sentenças relacionadas ao conteúdo das aulas, que foram lidas para os sujeitos de pesquisa. Esses foram instados revelar o seu grau de concordância com cada uma das sentenças, em uma escala Likert. Os graus de concordância da escala iam de 1 para «Discordo totalmente», a 5 «Concordo plenamente», sendo 0 reservado para os «Sem opinião». Cada categoria (professores, EDVs e EVs) teve seu próprio conjunto de sentenças. Todos foram incentivados a fazer comentários acerca do tema abordado em cada sentença. Seria possível imaginar que a comparação de notas em exames realizados pelos alunos antes ou depois dos minicursos nas diversas condições experimentais fosse uma forma simples e definitiva de se auferir o impacto da introdução do SDH em salas inclusivas. Isso, no entanto, não foi um procedimento possível. Infelizmente, dado ao pequeno número de EDVs e de professores desistimos da coleta. Variáveis como estilo e experiência do professor, idade na qual os EDVs perderam a visão, grau de conhecimento prévio dos conceitos cobertos nos minicursos teriam grande influência nos resultados.



Figura 6. O jogo da charada

5.3. Análise Situada – Base Comum («Common Ground»)

Para Clark, «todo uso de linguagem é baseado na informação que é compartilhada entre os interlocutores, o que é tecnicamente chamado de 'common ground'» (Clark, 1992:4). Oradores tentam transmitir informação que julgam que os ouvintes, ou já tenham, ou que tenham condições de entender. A presente análise baseia-se na observação de Clark de que «as representações mentais de conhecimento mútuo são inferências baseadas em

certas evidências e suposições» (Clark, 1992:5). Clark define co-presença física imediata (CFI) como a mais forte evidência possível. O diálogo abaixo ilustra como professor e aluno podem se encontrar em CFI.

Professor: «Esta linha», aponta para linha



Alunos: Olham para a linha apontada pelo professor

Professor: Vê que os alunos estão olhando para a linha apontada por ele

Nesse caso, o gesto de apontar ajudou as partes no estabelecimento de CFI, pois forneceu evidência física imediata tanto para o professor como para os alunos acerca do objeto em discussão – a linha. Se houvesse um EDV na audiência, este não poderia se encontrar em CFI com o professor uma vez que não teria evidência física (ou perceptual) do ato de apontar do professor. Nesse caso, o professor teria duas opções. Ele poderia mudar seu comportamento para entrar em CFI com o EDV, talvez segurando a sua mão e direcionando-a para a linha ou simplesmente assumir que o EDV tinha informação suficiente para identificar sobre qual linha o professor estava a tratar. O segundo caso configura o que Clark chamou de *Presunção de Localizabilidade* (PL) (Clark, 1992:39). De acordo com o modelo de *Apresentação/Aceitação* de Clark (Clark, 1992:151-173), verbalizações tanto podem ser aceitas (entendidas pelo ouvinte) como não. As não aceitas precisam ser reparadas antes que ocorra o efeito bola de neve (Clark, 1992:164), o que no nosso caso, prejudicaria a transmissão de conceitos. Analisamos a transmissão de conceitos nas diversas condições experimentais em termos do número de evidências e presunções e seu impacto na aceitação das verbalizações dos professores. A análise foi confinada a verbalizações utilizadas na transmissão dos conceitos matemáticos dos minicursos. Mais uma vez, nos utilizamos do aplicativo MacVisSTA para identificar e codificar ocorrências de CFIs e PLs. A cada ocorrência foi atribuída uma estimativa sobre a capacidade do ouvinte em resolver o referente e conseqüentemente, aceitar a verbalização. Essa estimativa foi atribuída após a equipe de pesquisa ter assistido aos vídeos e julgado se o aluno teve de fato uma oportunidade de entender o professor. Assim os estados finais (após o julgamento da equipe) de CFIs e PLs podem assumir um dos seguintes valores: R – Resolvido; NR – Não-resolvido; P – Provavelmente resolvido. O status de P – Provavelmente resolvido é atribuído quando o professor não realizou a checagem final no entendimento dos alunos e o codificador (um dos membros da equipe) também não estava certo se os alunos tiveram a oportunidade de aprendizado garantida. O termo «Resolvido» refere-se ao ato do aluno resolver o referente, de perceber o objeto sendo referenciado pelo professor através do ato de apontar.

A tabela 4 mostra transcrições do momento em que a mesma professora explicou o conceito de diâmetro nos três diferentes tratamentos – coluna da esquerda para turmas compostas apenas por EVs; coluna do meio para turmas inclusivas em que o SDH fora empregado; e coluna da direita para turmas inclusivas em que o SDH não fora empregado. As duas células em cada coluna exibem passagens consecutivas do mesmo segmento de instrução. O discurso da professora é apresentado acima da imagem, seguido da descrição de seu comportamento. As verbalizações para a condição Turma somente de alunos videntes foram todas consideradas como CFI(R) – Co-presença física imediata resolvida. Na condição Turma inclusiva em que o SDH foi empregado, a professora manteve-se apontando para se assegurar que o EDV alcançaria o ponto equivalente no seu material didático – a professora acompanhava os movimentos do EDV através da tela do computador. Tal comportamento também foi codificado como CFI(R). Em outras ocasiões, quando a professora não esperava pelo EDV, foram julgadas como, ou CFI(NR), PL(R) ou ainda PL(NR), dependendo da estimativa do codificador, se o EDV tinha informação suficiente para entender o professor sem o acesso ao seu dêitico. Na sequência da coluna da direita, a professora começa apontando para o gráfico (célula de cima). O EDV não tem como resolver esse referente e, portanto, o comportamento foi classificado como CFI(NR). Ciente disso, a professora prosseguiu, com um pedido de desculpas, tomou a mão do EDV e a posicionou sobre o ponto na gravura ao qual se referia. Tal comportamento foi classificado como CFI(R).

Tabela 4. Como o conceito de diâmetro foi transmitido nas três condições experimentais

Turma composta somente de alunos videntes	Turma inclusiva onde o SDH foi empregado	Turma inclusiva onde o SDH não foi empregado
<p>Prof.: «Ok, o diâmetro mede, que tal se eu disse assim: De um lado do círculo ao outro lado do círculo, passando pelo centro.»</p>	<p>Prof.: «...da extremidade direita do círculo à extremidade esquerda do círculo, passando pelo centro. Isso é diâmetro.»</p>	<p>Prof.: «Isso aqui é um diâmetro.»</p>
		
<p>A professora aponta duas vezes, uma vez para cada extremidade do diâmetro – 2 CFI(R).</p>	<p>A professora percorre com sua batuta a linha que representa o diâmetro enquanto checa se a aluna conseguiu acompanhá-la -1 CFI(R).</p>	<p>A professora transpassa o círculo com sua mão em trajetória reta que não passa pelo centro do círculo – 1 CFI(NR).</p>
<p>Prof.: «Não pensem que daqui, desse lado para o outro lado. Isso tem outro nome.»</p>	<p>Prof.: «...e, a propósito, isso faz parte do conceito, tem que passar pelo centro do círculo.»</p>	<p>Prof.: «Ok, o que fiz G (nome da pessoa) [rindo], se isso não for te assustar, eu só fiz isso.»</p>
		
<p>O professor aponta duas vezes, uma vez para cada extremidade da Corda – 2 CFI(R).</p>	<p>A professora se mantém apontando enquanto transmite o conceito. Ele acompanha, olhando para a tela do computador, a trajetória do EDV que, nesse caso, percorre a linha que corresponde ao diâmetro – 2 CFI(R).</p>	<p>A professora segura a mão do aluno a navega com ela sobre a figura em relevo que se encontra sobre a mesa do EDV – 1 CFI(R). Nesse caso, a professora transmite o mesmo conceito duas vezes: uma vez para os Evs e outra para o EDV</p>
<p>O professor aponta duas vezes, uma vez para cada extremidade da Corda – 2 CFI(R).</p>	<p>A professora se mantém apontando enquanto transmite o conceito. Ele acompanha, olhando para a tela do computador, a trajetória do EDV que, nesse caso, percorre a linha que corresponde ao diâmetro – 2 CFI(R).</p>	<p>A professora segura a mão do aluno a navega com ela sobre a figura em relevo que se encontra sobre a mesa do EDV – 1 CFI(R). Nesse caso, a professora transmite o mesmo conceito duas vezes: uma vez para os Evs e outra para o EDV</p>

A análise que acabamos de apresentar sugere que o uso do sistema criou condições para um número maior de CFIs porque: 1) A tela do computador fornece ao professor, em tempo real, evidência da habilidade do EDV em resolver o referente; e, 2) A luva háptica não apenas ajudou o EDV a navegar até o referente (aumentando sobremaneira as chances de sua resolução) mas também indicou quando este havia sido alcançado: a luva para de vibrar quando o aluno chega ao referente. Esses dois componentes do sistema (tela do computador e a luva) correspondem ao que Clark chama de dispositivos de coordenação manifestados (Clark, 1996), já que fornecem indicadores de percepção utilizados tanto por professor como EDV para coordenar suas ações.

6. Resultados

De acordo com os professores que participaram desse estudo exploratório, a qualidade da instrução melhorou, pois eles puderam entender melhor o comportamento dos EDVs. Isso deu-lhes oportunidade para: 1) Ajustar o ritmo da aula e se assegurar que todos os alunos estavam acompanhando a explicação; 2) Melhor entender os sinais de confusão dos EDVs e agir de forma a assegurar o entendimento desses; e 3) Agir de forma mais natural quando da presença de um EDV em sala pois sabendo que o ato de apontar seria entendido, não precisaram verbalizar as informações constantes no material didático. Professores também gostaram do fato do uso do sistema dar mais fluidez na instrução porque eles não precisavam ficar parando a aula, e se dirigindo ao EDV para fisicamente posicionar a mão com a qual ele lê no ponto da gravura em relevo ao qual ele estava se referindo. Os professores acreditam que o uso do sistema terá impacto positivo na performance acadêmica dos EDVs uma vez que possibilitou instrução de melhor qualidade.

Ambos professores afirmaram que o uso do SDH fez com que se expressassem de forma mais eficiente, «Porque eu pude continuar sendo professor, em invés de parar e ajudar determinado aluno a encontrar algo», disse P1. Ambos também concordaram que o sistema melhorou a interação Professor/Aluno. «Eu não tinha de ficar pensando no que dizer tanto quanto tinha quando nas aulas onde o sistema não foi usado. O sistema fez com que a conversa fluísse normalmente [como se fosse entre duas pessoas que enxergam]», afirmou P1.

Quando perguntados se o uso do sistema acelerou a dinâmica de sala de aula, as opiniões foram divergentes. Para P1, «Acelerou porque não precisava ficar parando a aula para ajudar o EDV». P2 teve uma opinião diferente: «Na verdade, desacelerou. E essa desaceleração foi vantajosa. Quando lecionamos, o único 'feedback' que temos é o contato visual que estabelecemos com os alunos [o que não é possível com os EDVs]. O uso do sistema me deixou plenamente ciente das situações em que o EDV não estava prestando atenção». P2 estava se referindo ao fato de poder acompanhar o dêictico do EDV através da tela do computador e com isso ter evidência de que o aluno estava acompanhando sua explicação. Para ambos os professores o uso do sistema melhorou a qualidade da aula e criou mais oportunidades de aprendizado para os EDVs. «Porque teve menos confusão», disse P1. Para P1, os EDVs estavam mais engajados nas discussões de sala de aula em que o SDH foi utilizado. Já P2 achou que eles estavam engajados em ambos os tratamentos.

Já os EDVs foram unânimes em afirmar que nas aulas onde o SDH foi empregado, os professores prestaram mais atenção neles. Apenas um EDV viu o sistema como um obstáculo no acompanhamento da explicação do professor. Nenhum deles se queixou de fadiga ao final das aulas. Todos responderam que o uso do sistema não os estressou e que, nessa condição, conseguiram acompanhar melhor as explicações do professor. «Em várias situações, nas aulas sem o uso do sistema, fiquei completamente perdida. Isso aconteceu bem menos vezes naquelas aulas onde utilizamos a luva», disse N (EDV). Entretanto, eles deixaram claro que os professores tinham diferentes estilos e que isso teve impacto na forma com que utilizaram os recursos que o sistema oferecia.

Todos EVs que assistiram às aulas inclusivas em que o SDH foi empregado acharam que elas fluíram melhor do que aquelas em que o sistema não fora utilizado. Para S, «Ele [o sistema] deixou as coisas muito mais fluídas. O professor não precisava ficar constantemente tentando mostrar ao EDV para onde ele deveria ir. Ela

(a EDV) parecia mais independente. Já para KC. O sistema ajudou O (EDV), ela foi pôde participar mais das discussões e entender o que estava acontecendo». Para C, nas aulas onde o SDH fora empregado, «Ela (EDV) conseguiu acompanhar a aula com muito mais facilidade».

7. Conclusões

Neste artigo, apresentamos uma ferramenta de ensino que permite a EDVs «ver com as mãos». O Sistema Dêítico Háptico é uma ferramenta tecnológica que permite que cegos acompanhem a dêixis espacial do discurso e os gestos dêíticos do professor durante uma aula em que o professor aponta objetos no quadro branco, enquanto explica um conceito matemático. O SDH permite que o deficiente visual encontre os referentes construídos no discurso do professor. O uso do SDH em sala de aula, não só em aulas de matemática, mas em aulas de quaisquer disciplina, permite que o EDV acesse um importante componente da interação verbal, a dêixis (ação de apontar no texto/discurso), assim como o gesto dêítico que complementa, na esfera física, a dêixis textual-discursiva.

Tomando como base a opinião dos professores e alunos que participaram do experimento, é possível resumir alguns dos impactos causados pelo uso do SDH de acordo com o que segue:

- a) Ambos os professores, todos EDVs e todos EVs acreditam que a tecnologia será útil em salas de aula inclusivas. Todos concordaram que a tecnologia não é intrusiva e que as aulas em que o SDH fora empregado fluíram muito melhor do que aquelas sem o uso do sistema.
- b) Os professores preferem lecionar turmas inclusivas com o SDH. O uso do sistema mudou a forma com que eles formulavam suas sentenças. O uso de expressões dêíticas (presentes quando da utilização do sistema) diminuiu os custos de formação e entendimento de turnos conversacionais. Tal conclusão baseia-se no trabalho Clark e Brennan (1991), segundo o qual, o uso de expressões dêíticas diminuem os custos de comunicação.
- c) Os EDVs não gostaram do fato do SDH dar «extrapoderes» os professores, como saber quando eles estavam prestando atenção e quando não estavam. Basta olhar para a tela do computador e perceber que EDV está ou não buscando encontrar o ponto para o qual o professor aponta.
- d) Alunos videntes preferem assistir a aulas inclusivas com o uso do sistema. Esses se beneficiaram do número menor de interrupções (professor parando para reposicionar a mão do EDV sobre seu material didático) quando o sistema fora empregado. Outro possível benefício, cuja ocorrência não pudemos constatar, advém do fato dos professores apontarem para partes mais relevantes das figuras e manterem a postura até a chegada dos EDVs. Esse tempo mais longo de exposição dos pontos considerados importantes pelos professores para o entendimento dos conceitos pode ter também beneficiado os alunos videntes.

Sobre o uso do SDH em outros contextos de ensino, desconhecemos o impacto que o emprego do sistema traria, por exemplo, em aulas de matemática e ciências para turmas de ensino fundamental e médio quando se observa grande emprego de ilustrações. É preciso ainda investigar como alunos de diferentes faixas etárias e professores de diferentes disciplinas com estilos diversos reagiriam ao uso do sistema. Essa busca requer extensos estudos que envolvem tecnologia (como construir dispositivos adaptáveis e robustos o suficiente que servissem a uma população mais diversificada?), os estudantes (como adaptar o uso do audiogame para faixas etárias distintas?), professores (como dar suporte aos professores de diferentes disciplinas?).

No entanto, a despeito de suas limitações, o SDH se apresenta como um passo na construção de tecnologias que pavimentem o caminho da inclusão efetiva dos EDVs no ensino regular. Notamos também que o surgimento dessas tecnologias pode beneficiar também aqueles ditos «normais». O estudo de interfaces humano-computador se coloca como uma grande promessa para a inclusão de pessoas especiais, não so-

mente aquela dita «inclusão digital», mas uma inclusão real e definitiva em todos os tecidos sociais. Entretanto, ainda há muito o que fazer.

8. Referências

- Bardin, J. A.; Lewis, S. (2008). A Survey of the Academic Engagement of Students with Visual Impairments in General Education Classes. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 102, (8) 12.
- Brasil.(1998). *Constituição* (1988). Constituição da República Federativa do Brasil, publicada no diário oficial da União, de 5 de outubro de 1988. Acesso em 1º abril, 2012, de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm#adct..
- Brasil. (1990). *Lei n.º 8.069 de 13 de julho de 1990* (art. 53). Dispõe sobre o estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências. Publicado no Diário Oficial da União, em 16 de julho de 1990, p.13.563, Acesso em 1º abril, 2012, de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8069.htm
- Cavalcante, Mônica M. (2008). A referência no ensino de Língua Portuguesa. Em Pontes, A. Luciano e Costa, Ma. A. R. (Coord.). *Ensino de língua materna na perspectiva do discurso: uma contribuição para o professor* (Vol. 2) Fortaleza: Edições Demócrito Rocha.
- Clark, H. H. (1992). *Arenas of language use*. Chicago: Center for the Study of Language and Information.
- Clark, H. H. (1996). *Using Language*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Clark, H. H. e Brennan, S. E. (1991). Grounding in communication. Em Resnick, L., Levine, J. N. e Teasley, S. D. (Eds.). *Perspectives on socially shared cognition*. Washington, DC:APA.
- Dick, T. e Evelyn, K. (1997). Issues and aids for teaching mathematics to the blind. *Mathematics Teacher*, 90.
- Gray, C. (2005). Inclusion, impact and need: young children with a visual impairment. *Child care in practice*, 11(2), 179-190.
- Haber, R. N., Haber, L. N., Levin, C. A., Hollyfield, R.(1993). Properties of spatial representations: Data from sighted and blind subjects. *Perception and Psychophysics*, 54(1),1-13.
- Iverson, J. M., Goldin-Meadow, S. (1998).Why people gesture as they speak. *Nature*, 396, (228).
- Kennedy, J. M. (1993). *Drawing and the blind*. New Haven: Yale Press.
- La Venture, S. The individuals with disabilities education act (IDEA): past and present. *Journal of visual impairment and blindness*, 97(9), 517-518.
- Millar, S. (1985). Movement cues and body orientation in recall of locations by blind and sighted children. *Quarterly Journal of Psychology*, 257-279.
- Oliveira, F. (2010). *Enabling the blind to see gestures*. Dissertation Proposal submitted to the faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, Virgínia, EUA.
- Oliveira, F.; Cowan, H.; Fang, B.; Quek, F. (2010). *Enabling Multimodal Discourse for The Blind*. Em ICMI 2010: Proceedings of the 8th International Conference On Multimodal Interfaces, Beijin, China.
- Oliveira, F.; Quek, F.; Cowan, H.; Fang, B. (2011). The Haptic Deictic System-HDS: Bringing blind students to mainstream classrooms. *Haptics, IEEE Transactions on*, 1.
- Pereira, Ana C.C. (2010). *Os gestos das mãos e a referência: investigação de processos cognitivos na produção oral*. Tese de doutoramento apresentada à Faculdade de Letras da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Rose, R. T., Quek, F., Shi, Y. (2004). MacVisSTA: a system for multimodal analysis. Em *Proceedings of the 6th International Conference on Multimodal Interfaces*, New York, NY, USA: ACM.
- Staub, D., Peck, C. (1994). What are the outcomes for nondisabled students? *Educational Leadership*, 52(4), 36-40.
- Williams, J. M. (2002). Nationwide shortage of teachers for blind students must be corrected. *National Federation of the Blind: advocates for equality, canadian blind monitor*.