FACILITANDO A ANÁLISE DE DADOS EDUCACIONAIS ATRAVÉS DE FERRAMENTAS DE VISUALIZAÇÃO

Carine Geltrudes Webber – CCTI/UCS – cgwebber@ucs.br

Glauber Cini – CCTI/UCS - glaubercini@gmail.com

Maria de Fátima Webber do Prado Lima – CCTI/UCS – mfwplima@ucs.br

Resumo. *As tecnologias de informação e comunicação permitiram a concepção de software educacionais em diversas áreas do conhecimento. No entanto, ainda cabe a cada professor acompanhar e monitorar interações, resoluções de problemas e todas as tarefas online de forma semi-manual, tornando a análise de dados educacionais algo dispendioso e pouco viável. Este trabalho apresenta um estudo do uso de ferramentas de visualização de dados, que de maneira integrada aos softwares educacionais poderiam auxiliar o professor a identificar problemas e avaliar o desenvolvimento tanto individual quanto global das suas turmas. Este artigo utiliza as ferramentas Ggobi e Hoffman, apresentando os resultados a partir de dados oriundos do software Geometry Tutor.*

Palavras chave: *visualização de dados, software de visualização, dados educacionais.*

ANALYZING EDUCATIONAL DATA THROUGH VISUALIZATION TOOLS

Abstract. *Information and communication technologies had fostered the conception of educational software applied to several domains. However, the professors´ role of monitoring learning interactions, correcting problem solving and any on line activities are still partly manual. In such conditions to follow the learning process can become heavy and viable. We study in this work the application of data visualization tools which could be integrated to educational software in order to help professors to recognize problems and evaluate individual and global students´ behavior. This article proposes the use of two visualization tools named Ggobi and Hoffman and it presents preliminary results concerning the Geometry Tutor software.*

Keywords: *data visualization, visualization tools, educational data, Geometry.*

1. Introdução

Visualização de dados é um conceito definido por Card et al. (1990) como sendo a representação visual de dados abstratos de forma interativa a fim de amplificar a cognição humana. Atualmente pode-se gerar rapidamente representações visualmente complexas graças ao processamento computadorizado. Assim é possível oferecer ao

usuário a habilidade de não somente obter uma apresentação clara e compreensível mas também de modificá-la, a fim de destacar aspectos de seu interesse (Savitraz, 2010). Uma representação visual deve expressar as propriedades mais relevantes dos dados que a originaram, exibindo como as suas dimensões se interrelacionam. Quando se aplica tais recursos aos processos de ensino/aprendizagem busca-se acompanhá-los e extrair-se informações relevantes que de outra forma ficariam menos evidentes ou escondidas.

Entretanto, as ferramentas de visualização disponíveis não foram desenvolvidas para uso integrado aos ambientes educacionais. Elas são normalmente utilizadas para análise de grandes volumes de dados empresariais. Por esta razão, parte-se de alguns casos de uso relevantes nos processos de ensino/aprendizagem onde o professor pode ter como alvo um indivíduo ou um grupo. O primeiro cenário é aquele em que um professor deseja monitorar o desempenho de um aluno ao longo de um período, o que compreenderá a resolução de diversos problemas. Em outro cenário o professor quer acompanhar uma turma inteira na resolução de um ou mais problemas a fim de reconhecer comportamentos comuns aos seus alunos. Embora os objetivos possam ser variados, em todos os cenários os dados são n-dimensionais. Assim pretende-se a partir deste estudo ilustrar de que maneira as ferramentas de visualização podem contribuir aumentando a capacidade de percepção do professor durante suas atividades.

Para atender os objetivos propostos este artigo está organizado em 5 seções. A seção 2 introduz os principais conceitos associados à visualização de dados, apresentando trabalhos relevantes. A seção 3 descreve o método utilizado neste trabalho. A seção 5 apresenta os resultados obtidos nos experimentos com dados do software Geometry Tutor e a seção 6 conclui o artigo.

2. Visualização de Dados: conceitos e trabalhos relacionados

A visualização de dados combina aspectos da visualização científica, interação humano computador, *data mining*, imagem e gráficos (Börner e Zhou, 2001). Para Ware (2012) o processo de visualização compreende quatro etapas. A primeira etapa consiste em coletar e armazenar os dados. A segunda em um pré-processamento induzido, transformando os dados em algo logicamente organizado. A terceira é composta pelo *hardware* e o algoritmo gráfico que produz uma visualização. A última etapa é composta pelo ser humano e o sistema cognitivo, que terá o entendimento dos dados, melhorando assim a tomada de decisões e a formação de hipóteses.

Nos últimos anos, ferramentas vêm sendo projetadas para aprimorar a visualização dos dados, tais como as desenvolvidas por Guettala et al. (2012), Akçaya e Büyüközkanb (2012) e Corteza e Embrechtsb (2013). Outros trabalhos já mencionam a incorporação das técnicas de visualização na análise de dados educacionais. BrTka et al. (2012) realizou a visualização dos dados educacionais através de gráficos de dispersão gerados pela ferramenta WEKA. Ngo et al. (2012) propuseram uma arquitetura para mineração e visualização de dados voltados ao ensino superior que permite analisar informações como demografia, níveis de financiamento e recursos, número de publicações, etc. A camada de apresentação desta arquitetura utiliza vários métodos tabular, espacial, gráfico e visual, através da integração das ferramentas da Microsoft Share Point e da API do Google Maps.

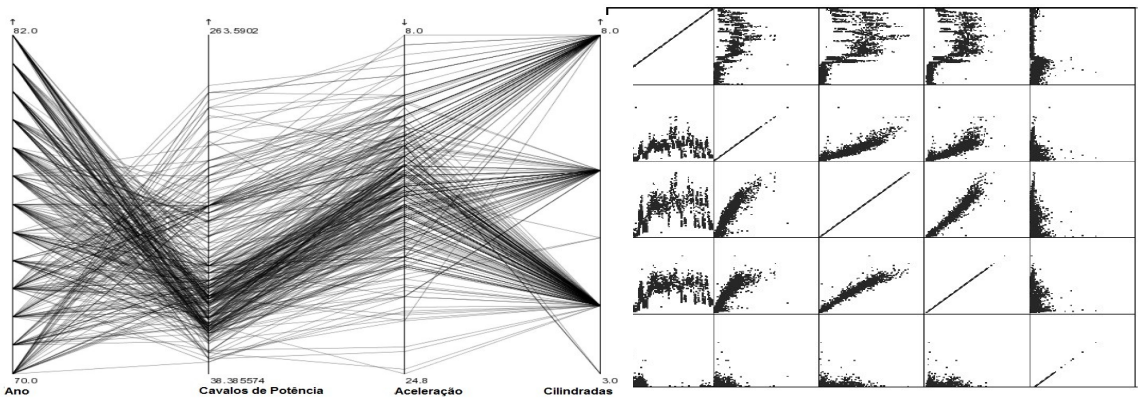
Sael, Marzak e Behja (2013) utilizaram a visualização como uma das técnicas de mineração de dados para analisar o comportamento dos alunos, a fim de obter dados que auxiliem no processo de aprendizagem. Ele utilizou o software RapidMiner para gerar

gráficos multidimensionais para calcular atributos sobre o perfil do estudante e analisar a relação entre os atributos definidos. Xiaohuan et al. (2013) desenvolveu um sistema que utiliza análise multi-variável e métodos de visualização para analisar e encontrar tendências no processo de aprendizado. O sistema desenvolvido utilizou DTW (*Dynamic Time Warping*) para encontrar as similaridades entre os estudantes nos diferentes estágios de aprendizado. A visualização foi desenvolvida através de um monitor tempo real que mostra os dados através de gráficos de barra e de área.

3. Método

A escolha de ferramentas de visualização foi baseada na diversidade de visualizações geradas. Selecionou-se técnicas de projeção geométrica, úteis para interpretar um conjunto de dados multidimensionais: coordenadas paralelas (Inselberg, 1985), matriz de s*catterplots* (Furnas e Buja, 1994), *RadViz* (Hoffman et al., 1997), coordenadas paralelas circulares (Hoffman, 1999), *PolyViz* (Hoffman, 1999 e Grinstein, Trutschl e Cvek, 2001) e *Survey Plots* (Lohninger, 1994 e Grinstein , Trutschl e Cvek, 2001).

A técnica de Coordenadas Paralelas mapeia um espaço de *k*-dimensões para um dos eixos *x* ou *y*. Os eixos correspondem às dimensões (atributos dos dados). Cada instância do conjunto de dados é apresentada como uma linha poligonal, transpassando cada um dos eixos no ponto que corresponde ao valor da dimensão considerada. O exemplo da figura 1-a ilustra um conjunto de dados de veículos representados por quatro dimensões (ano, cavalo de potência, aceleração e cilindradas). Embora o princípio da técnica de visualização de coordenadas paralelas seja bastante simples, ela é muito eficaz na revelação de uma vasta gama de características dos dados, tais como suas distribuições e dependências funcionais. No entanto, uma vez que as linhas poligonais podem sobrepor-se, o número de instâncias que podem ser visualizadas é limitada a mil (Keim e Kriegel, 1996). Para reduzir esse problema, pode-se atribuir cores para destacar instâncias, esconder ou alterar a ordem de dimensões. De maneira geral essa técnica permite transformar a busca por relações entre os atributos um processo de reconhecimento de padrões mais intuitivo.



a - coordenadas paralelas *b – matriz de scatterplots*

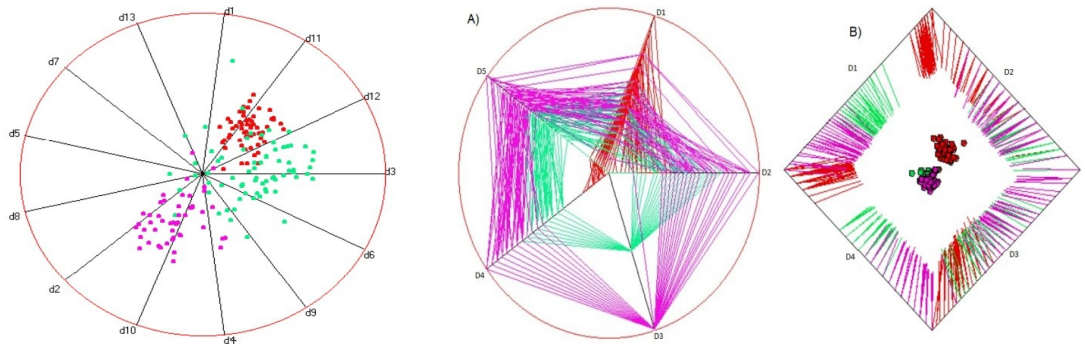
Figura 1 - Visualizações multidimensionais (Hauser, Ledermann e Doleisch, 2002) e (Wong e Bergeron, 1997).

Uma outra técnica denominada s*catterplots* consiste no desenho de pontos em coordenadas (x,y), se assemelhando muito a gráficos bidimensionais. Já a matriz de

s*catterplots* é uma extensão dessa técnica, onde múltiplas projeções com diferentes pares de dimensões são desenhadas, facilitando a interpretação das correlações entre pares (Figura 1-b). Ao manter uma relação entre dimensões e projeções, um grande conjunto de dimensões irá resultar em uma projeção de tamanho proporcional, sendo necessárias técnicas iterativas como o *zooming (*ampliação)para a análise dos resultados.

A visualização *RadViz*, também chamada de coordenadas radiais, tem um princípio semelhante ao das coordenadas paralelas. Organizada num formato circular, as linhas (âncoras dimensionais) que formam os segmentos correspondem às dimensões. Elas se originam no centro e vão até o perímetro com espaçamentos de mesmo tamanho (Hoffman et al., 1997). Os dados são colocados entre as linhas de acordo com a "força" que possuem entre as dimensões até que a soma delas seja zero (Figura 2).

Hoffman (1999) explica que as coordenadas radiais funcionam como se os dados estivessem presos a molas imaginárias entre as âncoras e a posição em que o dado deve ser desenhado corresponde ao equilíbrio da forças associadas às dimensões. Outras características dessa técnica são: valores aproximados são posicionados mais ao centro do círculo, valores aproximados que estão associados a dimensões que se encontram em eixos opostos também se posicionam mais ao centro do círculo e valores maiores projetam o ponto desenhado para regiões mais próximas às dimensões.



Radviz Coordenadas paralelas circulares e PolyViz

Figura 2 - Exemplo da técnica RadViz e PolyViz (Hoffman,1999 e Grinstein et al.,2001)

Hoffman (1999) cita outras duas técnicas, a primeira chamada de Coordenadas Paralelas Circulares e a segunda denominada *PolyViz*. A técnica de Coordenadas Paralelas Circulares é uma adaptação da já citada técnica de Coordenadas Paralelas. Em formato circular, os maiores valores são mapeados na parte mais externa do círculo, enquanto os menores são mapeados mais ao centro (Figura 2 – coordenadas paralelas circulares). Segundo seu autor a assimetria resultante dessa técnica facilita a detecção de padrões. A *PolyViz* estende a técnica de *RadViz* utilizando elementos das Coordenadas Geométricas (Circulares). Na *Polyviz* as dimensões são dispostas como uma linha e não apenas de um ponto. As mola "imaginárias" são utilizadas ao longo da âncora, que corresponde a todos os valores existentes na dimensão. Cada atributo está posicionado como na *RadViz*. Assim pode-se aproveitar de melhor forma a capacidade de exibição de agrupamentos com a habilidade de visualizar a distribuição de dados em cada dimensão, das Coordenadas Paralelas (Figura 2 - PolyViz).

Survey Plot consiste em *n* áreas retangulares, onde cada uma delas representa uma dimensão. Os dados são mapeados para linhas (ou retângulos dependendo do número de casos) estendidas de um ponto central, onde o comprimento de cada linha

corresponde ao valor a ser representado (Grinstein , Trutschl e Cvek, 2001). A Figura 3 ilustra a técnica. O método permite visualizar a correlação entre quaisquer duas variáveis (especialmente quando os dados são classificados por uma dimensão) e pode encontrar regras exatas em um conjunto de dados de aprendizado de máquina.

Tratando-se de uma disciplina em expansão, existem diversas aplicações disponíveis para a geração destas visualizações. Algumas ferramentas implementam as mesmas técnicas de visualização. Por esta razão a primeira etapa do trabalho consistiu em realizar testes a fim de identificar as ferramentas mais apropriadas para este estudo.

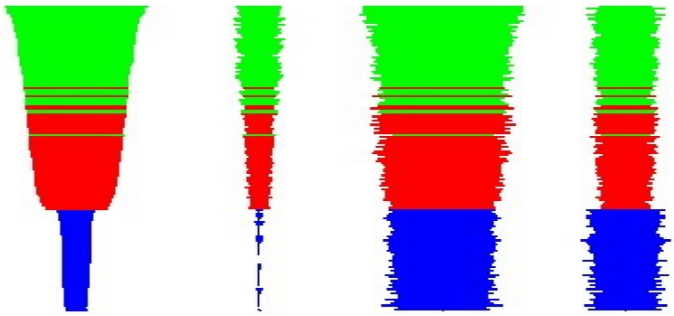


Figura 3 - Exemplo de Survey Plots para quatro dimensões (Orange ,2013).

A Tabela 1 apresenta as ferramentas testadas e as visualizações suportadas.

Tabela 1 – Relação de ferramentas para Visualização de dados

Ferramenta	Tipos de visualizações suportadas
Parvis	Coordenadas Paralelas
XmdvTool	Coordenadas Paralelas; Matriz de *Scatterplots*; *Star Glyphs*; *Display* orientado a *pixel*;*Dimensional Stacking*
InfoVis Toolkit	Coordenadas Paralelas; *Treemap*
Aplicações de Hoffman	*RadViz*; *Survey Plots*; Coordenadas Paralelas; Coordenadas Paralelas Circulares; Matriz de *Scatterplots*; Segmentos de Círculo; *PolyViz*; *RadViz* 3D
Ggobi	Matriz de *Scatterplots*; Coordenadas Paralelas

As ferramentas selecionadas foram as aplicações de Hoffman e Ggobi. Foram seguidos critérios técnicos de estabilidade da ferramenta e variedade de recursos de visualização. Para fins de padronização dos testes utilizou-se dados educacionais publicamente disponíveis que foram coletados através do software *Geometry Tutor* (Koedinger et al., 2010). O conjunto de dados contém o passo a passo dos estudantes na resolução de problemas de Geometria. A seção seguinte ilustra os resultados obtidos nas projeções dos dados nas ferramentas Hoffman e Ggobi.

4. Resultados obtidos

Para realizar testes sobre o conjunto de dados Geometria, uma amostra de quatro alunos resolvendo um mesmo problema foi selecionada. Uma amostra pequena foi a opção para apresentar os resultados das visualizações de maneira compreensível neste artigo. O problema resolvido pelos alunos está descrito na Figura 4.

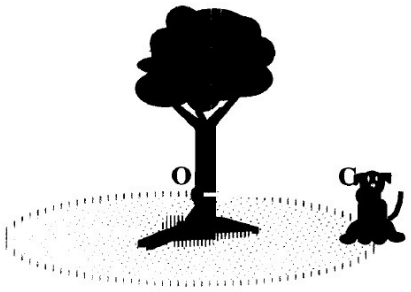
	Cacau está amarrada a uma árvore no centro do seu quintal. A corda tem 43 pés de comprimento. No entanto, Cacau continua vagando em torno de sua árvore, consequentemente enrolando sua corda cada vez mais em torno da árvore. Eventualmente, Cacau fica enrolada tão perto da árvore que ela não pode andar por aí. O proprietário de Cacau, Chris, quer construir uma cerca para retirar a corda. Ajude Chris a descobrir a área a ser cercada que daria a Cacau o mesmo espaço para se movimentar o qual a corda originalmente lhe deu. Uma vez que a área é determinada, Chris precisa comprar a cerca. Qual é o comprimento em metros da cerca que ele vai precisar?

Figura 4 – Ilustração do problema selecionado na amostra do estudo

A resposta ao problema está na tabela 2. A solução é composta por 3 etapas principais, sendo eles: a) converter a unidade de medida do comprimento da corda de pés para metros, b) calcular a área que o cão possui para andar e c) calcular o perímetro da circunferência.

Tabela 2 – Relação de repostas do problema dog on a rope

Unidades	Comprimento da Corda (Raio) – Pés | Metros	Área que o cão possui para andar (Área) - Metros Quadrados	Comprimento de cerca (Circunferência) - Metros
Questão	43 | 13	530,93	81,67

Cada etapa da solução está representada no *dataset* pelas seguintes dimensões: duração em segundos, número de tentativas de soluções, etapa resolvida, quantidade de vezes que a etapa foi repetida, área do conhecimento avaliada, se fórmula de área foi utilizada e avaliação da etapa como correta ou incorreta. Como os dados estavam em formato textual foi necessário convertê-los para formato numérico através de um software desenvolvido para esta finalidade. Em seguida procedeu-se a geração das visualizações apresentadas nas seções seguintes.

4.1 Visualizações usando Matriz de *Scatterplots*

Para gerar esta visualização foram utilizadas somente as dimensões: identificação do estudante, duração, problema resolvido, número de tentativas de soluções, etapa resolvida e resultado da etapa (correta ou incorreta). A necessidade de selecionar um conjunto menor de dimensões surgiu por uma limitação gráfica. Por se tratar de um plano cartesiano de gráficos, a matriz de *scatterplots* produz gráficos muito pequenos, impossibilitando a sua análise. Assim, dentro das dimensões existentes, seis consideradas de maior importância foram selecionadas. Utilizou-se um recurso denominado *brush*, responsável destacar as informações de uma área selecionável. Nos gráficos gerados é possível selecionar um determinado número de pontos e o recurso de *brush* colore em todos os demais gráficos os mesmos pontos selecionados.

A Figura 5 apresenta uma visualização onde os quatro alunos analisados estão representados no primeiro plano por pontos. Nota-se em destaque o uso de *brush* para a dimensão da duração (tempo empregado em cada etapa). Percebe-se que os estudantes resolveram cada etapa em tempos bem próximos, com exceção de um aluno em amarelo (marcado com um *brush* no canto superior esquerdo) que em uma das etapas foi mais lento. A figura ilustra uma visualização considerando o sucesso dos quatro alunos em cada etapa. Do total de passos de todos os alunos somente cinco foram avaliados como

incorretos. Observando-se os pontos que representam os alunos nota-se que apenas um deles executou todas as etapas da resolução sem erros.

Figura 5 – Matriz de scatterplot com brush na dimensão de duração da etapa

4.2 Visualizações utilizando RADVIZ, RADVIZ3D E POLYVIZ

As aplicações de Hoffman implementam as técnicas RadViz, RadViz3D e PolyViz. A Figura 6 ilustra o resultado gerado pela ferramenta RadViz, onde as dimensões são distribuídas em um circunferência. Os pontos do dataset são distribuídos em relação as dimensões. Pontos em azul correspondem a etapas corretas e em amarelo a etapas incorretas. Ao selecionar-se um dos pontos é possível visualizar a qual instância dos dados ele corresponde. O agrupamento de pontos amarelos a direita corresponde as etapas onde houveram mais erros (primeira etapa). Os pontos distantes do centro indicam estudantes que responderam corretamente em tempos mínimos. A concentração central de pontos azuis representa as etapas corretas, podendo-se inferir que cada aluno conseguiu realizar ao pelo menos duas etapas da solução corretamente.

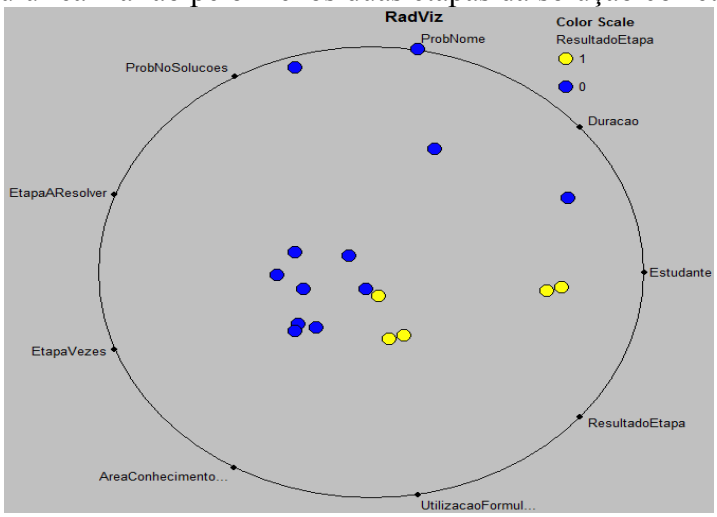
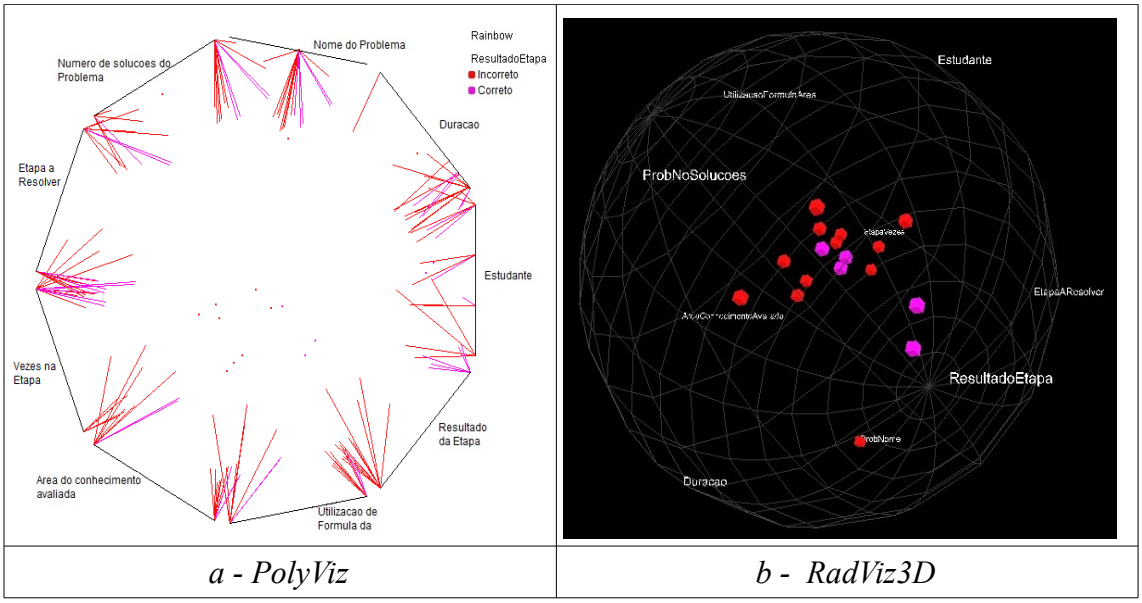


Figura 6 – RadViz sobre a amostra de dados Geometria

A RadViz produz uma visualização plana (2D) podendo apresentar pontos

sobrepostos. Isso pode dificultar em alguns casos a sua compreensão. Para isso, a PolyViz apresenta em cada dimensão pequenos traços em direção ao ponto em que a informação foi plotada. Já a RadViz3D projeta os mesmos pontos em um espaço dimensional 3D manipulável, onde outras relações geométricas são úteis e auxiliam o professor. A Figura 7 ilustra os resultados das ferramenta PolyViz (a) e RadViz3D (b).



a - PolyViz | *b - RadViz3D*

Figura 7 – Visualizações geradas sobre amostra de dados Geometria

4.3. Coordenadas Paralelas

As visualizações resultantes da técnica de coordenadas paralelas formam uma espécie de gráfico (x,y) de linhas, onde cada dimensão é colocada ao lado da outra. O eixo x marca o percurso de cada etapa de cada aluno considerando os valores de cada dimensão. Na Figura 8 é possível obter uma visão geral do comportamento da turma e dos valores máximos e mínimos das dimensões utilizadas. Os quatro pontos iniciais representam os quatro alunos (primeira dimensão do estudante). Observa-se a medida de duração das etapas (2 ou 3 por alunos), e na terceira o problema comum resolvido.

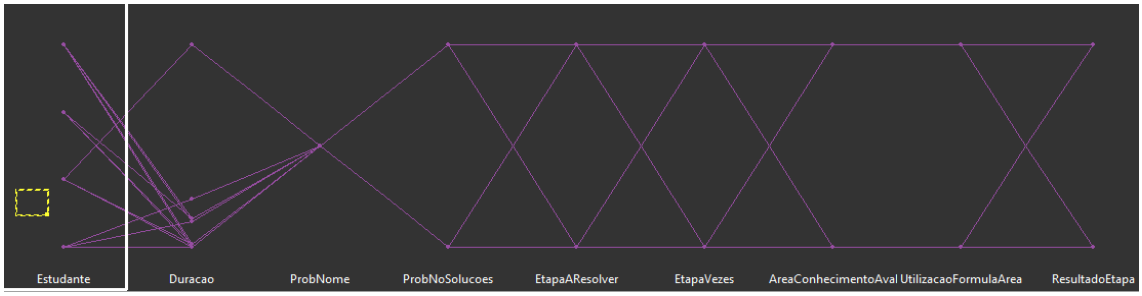


Figura 8 – Visão geral da amostra utilizando Coordenadas Paralelas

A Figura 9 ilustra o brush (seleção). O primeiro aluno selecionado na primeira dimensão tem todos os seus dados destacados em amarelo. Ele resolveu o exercício corretamente em três etapas, com intervalos de tempo distintos.

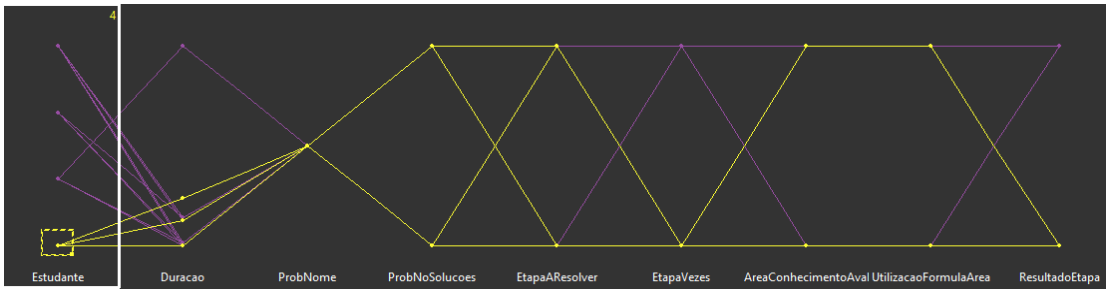


Figura 9 – Utilização de brush no primeiro estudante

Neste tipo de visualização é possível analisar cada dimensão em relação às demais. Assim o professor pode selecionar um aluno e identificar como ele se comportou sob a ótica de várias dimensões ou ainda selecionar uma dimensão como a do resultados incorretos e buscar pontos críticos que levaram os alunos a erros. Assim o professor pode testar hipóteses e definir uma conduta a ser tomada.

4.4. Visualização usando Survey Plots

Nesta forma de visualização cada dimensão é representada por uma barra horizontal com largura variável proporcional ao valor que ela representa. A Figura 10 ilustra as dimensões e dados. Cada dimensão é representada por um conjunto de barras horizontais, cuja largura depende do seu valor. A dimensão do resultado da etapa serve para atribuir cores (vermelho indica passo correto, rosa indica passo incorreto).

Figura 10 – Análise realizada utilizando Survey Plots

A visualização utilizando Survey Plots permite ao professor uma visualização de um grande número de dimensões, classificadas por alguma dimensão selecionada. Neste caso selecionou-se a dimensão do resultado da etapa por considerar-se que toda a análise dos alunos pode ser feita baseando-se em seu desempenho a cada etapa.

5. Resultados e Conclusões

A atenção visual é uma habilidade pouco aproveitada pelos ambientes de aprendizagem. Enquanto diversos trabalhos apontam a importância de abordagens de análise automática de dados dos alunos, poucos ainda se preocupam em transformar informações em imagens. Isso se deve em grande parte ao estágio atual de desenvolvimento das ferramentas educacionais mas também a falta de softwares de

visualização apropriados para a área educacional. Neste trabalho foi proposto o estudo da viabilidade de uso de software de visualização de uso geral para o caso específico de visualização de dados oriundos de um software educacional em Geometria. Pode-se atestar que tais softwares podem trazer transparência ao processo de avaliação ou acompanhamento das tarefas, tanto aos professores quanto para os próprios alunos. O professor pode ainda identificar novos elementos do processo de aprendizagem que talvez ficassem escondidos em uma análise textual. Assim, ele tem mais subsídios para elaborar situações de aprendizagem adaptadas às necessidades dos alunos.

Para concluir, os resultados preliminares deste estudo indicam também a grande possibilidade de integração dessas ferramentas aos ambientes educacionais, a fim de auxiliar os professores em suas atividades. Os dois softwares analisados, Ggobi e Hoffman, dispões de diversas formas de visualização de dados e são de fácil utilização e integração, o que abre novas possibilidade de pesquisa e experimentação em casos reais.

Referências Bibliográficas

AKÇAYA, G.E.; BÜYÜKÖZKANB, G. Analyzing the solutions of DEA through information visualization and data mining techniques: SmartDEA framework. **Expert Systems with Applications**. v. 39, Issue 9, p 7763–7775, July 2012.

BÖRNER, Katy; ZHOU, Yuezheng. A Software Repository for Education and Research in Information Visualization. In: **Proc of the Fifth International Conference on Information Visualization**, London, UK, p. 257-262, jul. 2001.

BRTKA, E. et al. The data visualization technique in e-learning system. In: **10th Jubilee International Symposium on Intelligent Systems and Informatics**, p 489-492, 2012.

CARD, S. K. Et al. **Information Visualization. Readings in Information Visualization: Using Vision to Think**, Morgan Kaufmann Publishers, p. 1-34, San Francisco, California, USA, 1999.

CORTEZA, P.; EMBRECHTSB, M.J. Using sensitivity analysis and visualization techniques to open black box data mining models. **Information Sciences**, v. 225, p 1–17, March 2013.

FURNAS, G.W.; BUJA, A. **Prosection views: Dimensional inference through sections and projections**. Journal of Computational and Graphical Statistics, v. 3, n. 4, 1994, p. 323-353.

GGOBi. **GGobi-Out of sight, out of mind**. Disponível em <http://www.ggobi.org/>, acesso em 16/06/2013.

GRINSTEIN,G.;TRUTSCHL,M.;CVEK,U. **High-dimensional visualizations**. In: Proceedings of Workshop on Visual Data Mining, ACM Conference on Knowledge Discovery and Data Mining,2001,p.1-14.

GUETTALA, A.E. Et al. A User Assistant for the Selection and Parameterization of the Visualizations in Visual Data Mining. In: **16th International Conference on Information Visualisation**, p 252 - 257, 2012.

HAUSER, H.; LEDERMANN, F.; DOLEISCH, H. **Angular brushing of extended parallel coordinates**. In: Information Visualization, 2002. INFOVIS 2002. IEEE Symposium on. IEEE, p. 127-130,2002.

HOFFMAN, P. E. **Table Visualization: A formal Model and Its Aplications**. 1999. Doctoral dissertation, Computer Science Dept., University of Massachusetts at Lowell.

HOFFMAN, P. E. Et al. **DNA Visual and Analytic Data Mining**. In: IEEE Symposium on Information Visualization, INFOVIS, 1997. Proceedings: IEEE, p. 437-441,1997.

INSELBERG, A. **The plane with parallel coordinates. The Visual Computer**, v. 1, n. 2, 1985,p.69-91.

KEIM, D.A.; KRIEGEL, H.-P. **Visualization techniques for mining large databases: A comparison**. In: Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions, v. 8, n. 6, 1996, p. 923-938.

KOEDINGER, K.R. Et al. **A Data Repository for the EDM community: The PSLC DataShop**. In Romero, C., Ventura, S., Pechenizkiy, M., Baker, R.S.J.d. (Eds.) Handbook of Educational Data Mining. Boca Raton, FL: CRC Press, 2010.

LOHNINGER, H. **INSPECT: a program system to visualize and interpret chemical data**. Chemometrics and intelligent laboratory systems, v. 22, n. 1, 1994, p. 147-153.

NGO, L.B. Et al. An Architecture for Mining and Visualization of U.S. Higher Educational Data. In: **Ninth International Conference on Information Technology**, p 783-789, 2012.

ORANGE. **Open source data visualization and analysis**. Disponível em<http://orange.biolab.si/> acesso em 22/06/2013.

SAEL, N.; MARZAK, A.; BEHJA, H. Web Usage Mining data preprocessing and multi level analysis on Moodle. In: **ACS International Conference on Computer Systems and Applications**, p 1-7, 2013.

SAVITRAZ, J.D. **Uma Abordagem de Integração e Exploração visual de Dados Educacionais na Plataforma Web-PIDE**. 2010. 87 f. Mestrado em Ciência da Computação – Faculdade de Computação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso do Sul. 2010.

WONG,P.C.; BERGERON,R.D. **30 years of multidimensional multivariate visualization**. Scientific Visualization, Overviews, Methodologies, and Techniques. Washington: IEEE CS, 1997, p.3-33.

XIAOHUAN, W. et al. Included in Your Digital Subscription Visual exploration for time series data using multivariate analysis method. In: **8th Int Conference on Computer Science & Education (ICCSE)**, p 1189- 1193, 2013.