

Visualização 3D Interativa de Dados Médicos Temporais Baseada em Modelo de Atenção Visual

Leonardo S. Silva, Ricardo Nakamura, Fátima L. S. Nunes

Laboratório de Tecnologias Interativas – Interlab/EPUSP
Laboratório de Aplicações de Informática em Saúde – LApIS/EACH-USP
Universidade de São Paulo
{leonardosilva, ricardonakamura, fatima.nunes}@usp.br

Resumo: Este trabalho apresenta o projeto de um ambiente 3D interativo, desenvolvido com o suporte de conceitos de Atenção Visual, para a visualização de dados médicos com característica temporal. Ao estabelecer uma relação entre os elementos gráficos utilizados e as preferências do usuário, por meio de técnicas de aprendizagem de máquina objetiva-se contribuir com a melhoria da percepção visual nas ferramentas de visualização de informação, bem como avançar na personalização das visualizações oferecidas a partir das preferências dos usuários. Resultados preliminares apontam que a Atenção Visual pode ser um recurso importante no projeto de visualização de informações, além de sinalizarem possibilidades de pesquisa na exploração de técnicas de aprendizagem de máquina no contexto do projeto das interfaces dessas visualizações.

Palavras-chave: Visualização de informação; Atenção visual; Aprendizagem de máquina.

1. Introdução

A Visualização de Informação (VI) tornou-se um importante campo de estudo por viabilizar ferramentas que permitam manipular e explorar dados, estabelecendo uma interface entre a mente humana e o poder oferecido pelos avanços tecnológicos. Oferece, assim, a possibilidade de representação visual para dados com características abstratas e consequentemente sua compreensão e manipulação [1].

Na área médica, muitos desses dados apresentam um forte aspecto temporal, tendo seus valores alterados ao longo do tempo [2, 3]. O uso de técnicas de Realidade Virtual (RV) na área da saúde vem criando diversas possibilidades de aplicações, além de avanços relacionados ao desenvolvimento de *hardware* e *software* [4]. Entretanto, ainda que possa trazer relevantes contribuições à visualização e exploração de dados temporais, seu uso ainda pode ser considerado limitado tendo em vista que grande parte dos métodos utilizados para visualizar dados baseiam-se em técnicas bidimensionais bem conhecidas [5].

Considerando sua habilidade em ajudar seres humanos a processar e explorar cenas visuais complexas, por exemplo, orientando a localização de uma região de interesse, a Atenção Visual (AV) tem recebido grande atenção da comunidade científica [6, 7, 8, 9].

Considerando o cenário apresentado, este trabalho busca contribuir com o aumento da percepção visual das informações em um ambiente tridimensional (3D) interativo para visualização de dados médicos temporais, construído com o suporte de conceitos de AV. Após a realização de um experimento controlado, técnicas de aprendizagem baseada em regras foram usadas na busca de formas para estabelecer uma relação entre os elementos gráficos projetados e as preferências do usuário.

2. Motivação

Um levantamento realizado por meio de uma revisão sistemática de literatura apontou que o espaço bidimensional (2D) tem sido majoritariamente escolhido para construção de representações visuais para técnicas de visualização de dados temporais [1]. Técnicas baseadas no uso do espaço 3D ou híbridas (2D e 3D),

representam um pequeno número de iniciativas e que compreendem em sua maioria, extensões as técnicas tradicionalmente usadas no espaço 2D.

Mecanismos de AV contribuem com a redução do esforço cognitivo envolvido na execução de uma tarefa, ao favorecer a seleção de áreas de interesse e a apresentação de saliências, dentre outros aspectos visuais [10]. A AV tem sido amplamente utilizada em conjunto com técnicas de aprendizagem de máquina no auxílio à segmentação e o reconhecimento de objetos, geração de legendas para imagens, dentre outras atividades [11].

No contexto da VI, a percepção visual e a AV desempenham um papel crítico por afetarem diretamente a maneira como uma visualização é percebida pelos usuários. Os fatores *bottom-up* são responsáveis por guiar inconscientemente a atenção por meio de estímulos de baixo nível que se destacam em uma cena, o chamado efeito *pop-up*. Esses fatores envolvem: cores, contraste, textura e movimento [9, 11, 12].

O uso do aprendizado de máquina não é exatamente uma novidade em VI, sendo empregado na seleção de conteúdo e descoberta de padrões nos dados. Entretanto, seu uso no projeto de interfaces para VI ainda é pouco explorado.

3. Trabalhos Correlatos

Alguns trabalhos buscam auxiliar na compreensão da grande variedade de aplicações existentes, apontando a falta de pesquisa relacionando técnicas visuais e dados temporais. Posteriormente, com a introdução da questão do uso de *Visual Analytics* a discussão sobre técnicas de visualização de dados temporais foi estendida por meio de uma categorização alinhada à identificação de futuras tarefas de *Visual Analytics* [2].

A utilização do conceito de cubo espaço-temporal se mostra uma representação interessante independentemente de sua aplicação no espaço 3D ou 2D por sua aplicação em diferentes situações.

Em uma ferramenta de VI, elementos como: projeto, memória, AV e percepção, podem afetar a forma como o usuário observa a visualização. Entretanto, o uso de modelo de AV para predizer os pontos de fixação do olhar durante uma análise exploratória, ou mesmo, a

influência que estímulos de saliências tem na análise visual durante execução de uma tarefa, possuem poucas evidências documentadas, abrindo espaço para interessantes oportunidades de pesquisa [9].

4. Metodologia

A partir do desenvolvimento de um estudo de caso, definiu-se que a representação visual a ser utilizada seria inspirada no formato de um poliedro (Figura 1), inicialmente configurado com dados oriundos de um banco de dados e organizada em quatro dimensões ou agrupamentos informacionais: sintomas, diagnóstico, conduta e evolução.

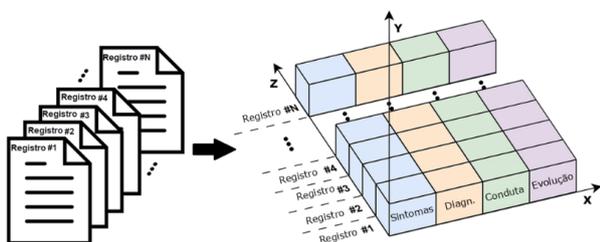


Figura 1. Representação visual escolhida para visualização de dados médicos.

O poliedro formado por todas as consultas de um paciente, representa o histórico médico desse paciente. Os agrupamentos informacionais formados pelos dados de uma consulta individual (Figura 1) são alocadas ao longo do Eixo X. Por sua vez, o Eixo Y é usado para registrar o valor, enquanto todas as consultas individuais do paciente são alinhadas ao longo do Eixo Z, permitindo assim estabelecer uma linha do tempo.

Os elementos gráficos usados na concepção do protótipo foram guiados com base em conceitos de VA, de forma que cada dimensão seja identificada por uma cor exclusiva, baseada nas 12 cores do círculo cromático e por uma forma geométrica 3D não exclusiva.

As informações que possuem relevância para o usuário podem ser destacadas de três formas: por tamanho, por cor complementar ou por cor, conforme a Figura 2.

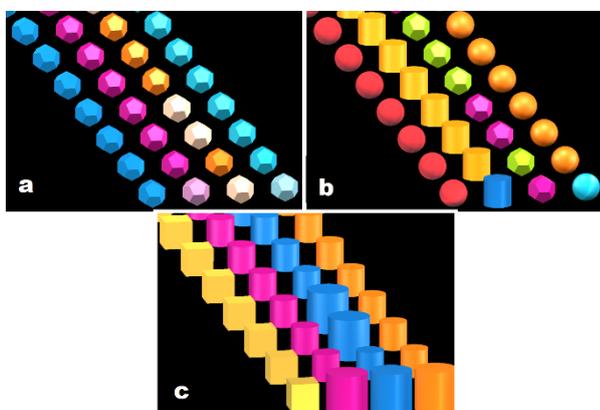


Figura 2. Formas de saliência projetadas na abordagem: (a) por cor, (b) por cor complementar e (c) por tamanho.

A partir de dados de anamnese oriundos do serviço ambulatorial, um protótipo foi implementado, submetido a um Teste de Usabilidade e a um experimento controlado. Dessa forma, usando sempre o

mesmo conjunto de dados de um paciente, cada um dos cinco voluntários, que são usuários especialistas, avaliou 45 diferentes combinações entre os elementos gráficos projetados para a visualização a partir de conceitos de AV.

Cada variação apresenta uma diferente combinação entre cores, formas 3D e forma de saliência, de acordo com a Figura 1. Por meio da própria interface do protótipo, o voluntário tem a disposição dois botões para manifestar sua aprovação ou reprovação.

De acordo com os objetivos do projeto, a seguinte questão de pesquisa foi elaborada: É possível estabelecer uma relação entre as preferências dos usuários sob os elementos gráficos usados no projeto e os conceitos de AV adotados?

De forma a responder à questão de pesquisa proposta, foram enunciadas as seguintes hipóteses:

- H1: O uso de cor complementar (Figura 2b) é preferível ao tamanho (Figura 2c) como forma de saliência para destacar informações relevantes.
- H2: O uso de cor complementar (Figura 2b) é preferível ao uso de contraste (Figura 2a) como recurso gráfico para destacar informações relevantes.
- H3: O uso de formas diferentes (Figura 2b) para representar os agrupamentos informacionais é preferível ao uso de uma única forma (Figura 2a).

5. Resultados

A partir de 225 respostas coletadas, foram obtidas 75 (33%) respostas positivas em relação às visualizações apresentadas, indicando que os voluntários aprovaram as combinações de cor, formas 3D e forma de saliência propostas. Por outro lado, 150 (67%) visualizações foram reprovadas pelos voluntários, conforme a Figura 3.

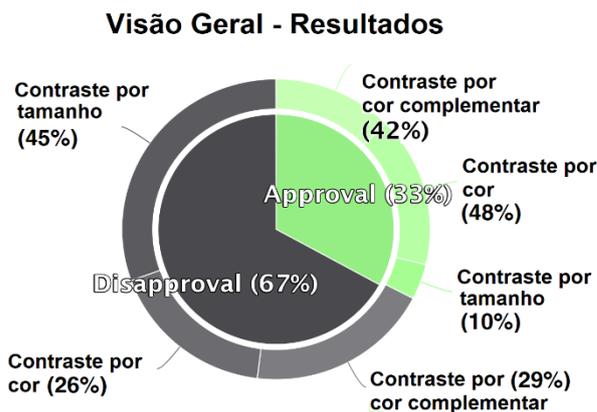


Figura 3. Resultado geral – aprovações e reprovações.

5.1 Avaliação usando aprendizagem por regra associativa

De forma a estabelecer uma relação entre os elementos gráficos usados na abordagem proposta e as preferências dos usuários, o conjunto de dados formado pelas respostas foi submetido a uma técnica de aprendizagem baseada em regras.

O algoritmo *Apriori* foi usado com os parâmetros mínimos $min_sup = 0.0045$ e $min_conf = 0.7$, responsáveis pela seleção dos itens e geração de regras,

respectivamente. Os valores são justificados pelo tamanho do conjunto de dados (min_sup) e pela busca de regras que possam indicar forte dependência entre os itens (min_conf).

Dentre o conjunto de regras geradas, foram selecionadas aquelas que apresentaram entre o seu conseqüente o item que representa a avaliação do usuário aprovado e reprovado. Parâmetros como confiança e *lift* foram usados para a análise das regras, priorizando regras com valor de confiança igual a 1.0, sinalizando que 100% das regras nas quais o antecedente estava presente, o conseqüente também estava presente. Por sua vez, o valor de *lift* acima de 1.0 indica a forte dependência entre os itens do antecedente.

De um total de 2020 regras geradas, 169 (8%) foram selecionadas, com um total de 7 regras implicando em aprovação (no conseqüente) e 162 implicando em reprovação (no conseqüente). As regras implicando em aprovação são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Regras implicando em aprovação.

Antecedente	Conseqüente
Azul-Violeta-Dodecaedro, Azul-Esfera	1
Vermelho-Esfera, Azul-Esfera	1
Amarelo-Laranja-Dodecaedro, Azul-Esfera	1
Azul-Violeta-Dodecaedro, Vermelho-Esfera	1
Azul-Violeta-Dodecaedro, Amarelo-Laranja-Dodecaedro	1
Amarelo-Laranja-Dodecaedro, Vermelho-Esfera	1
Amarelo-Laranja-Dodecaedro, Cor	1

A partir da Tabela1 foi possível observar que:

- todas as regras apresentaram fator de confiança igual a 1.0 e *lift* igual a 3.0, indicando forte dependência entre os itens presentes no antecedente e que tais regras possuem potencial de apoiar decisões futuras;
- em uma das regras, ocorreu a presença do item “contraste” no antecedente, corroborando com a literatura a preferência dos usuários pelo uso de cor como forma de saliência. Vale ressaltar que a seleção de um item para compor uma regra é conseqüência dos parâmetros de suporte e confiança, indicando relevância junto ao conjunto de dados;
- *Azul-Violeta-Dodecaedro*, *Amarelo-Laranja - Dodecaedro*, *Vermelho-Esfera* e *Azul-Esfera* foram as combinações mais frequentes entre cor e forma, encontrada nas regras;
- ainda que possamos confirmar a presença dos itens nas regras, considerando o projeto da visualização não foi possível estabelecer em qual posição essa combinação ocorreu.

6. Discussão

Com base nos resultados e considerando nosso objetivo e hipóteses, foi possível encontrar as seguintes implicações após a condução do experimento:

H1: A hipótese foi confirmada. O uso de cores como forma de destacar as informações relevantes, seja por cor ou por cor complementar mostrou-se mais interessante do que a possibilidade de contraste por tamanho para os voluntários que participaram do experimento (Figura 3). Foram encontradas 26 (16%) regras que implicam em reprovação com a presença do

item contraste por tamanho no antecedente. O resultado corrobora com a literatura que afirma que o sistema de AV humano é inicialmente atraído por cor, reconhecendo a forma ou o objeto em um segundo momento.

H2: Os dados coletados foram inconclusivos e não permitem confirmar ou refutar a hipótese. De acordo com o grupo de voluntários, tanto o contraste por cor como por cor complementar apresentou comportamentos similares nas avaliações, sendo que o contraste por cor apresentou melhor taxa de aprovação. Além disso, entre as regras geradas que implicam em aprovação, há uma menção explícita ao contraste por cor usado como forma de saliência, o que pode ser indicar uma preferência entre os usuários.

H3: Os dados coletados foram inconclusivos e não permitem confirmar ou refutar a hipótese. A Figura 4 mostra que as visualizações com duas ou mais formas apresentaram comportamento similar, com aproximadamente o mesmo nível de aprovação, que as visualizações com apenas uma forma. Não foi possível estabelecer uma relação entre as formas e as formas de saliência usadas nas visualizações; entretanto, entre as sete regras que implicaram em aprovação, em quatro delas havia uma menção explícita ao uso de duas formas distintas, ambas compartilhando formato arredondado: dodecaedro e esfera.

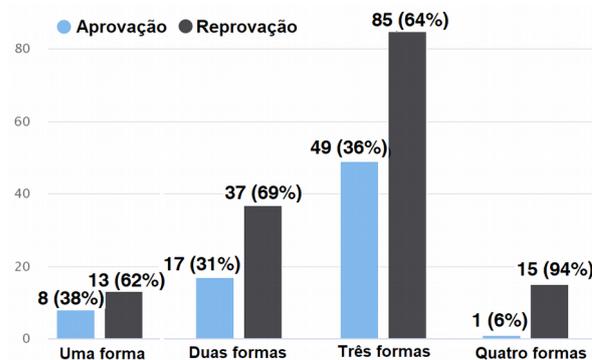


Figura 4. Quantidade de formas presentes por visualizações.

7. Conclusões

Os resultados preliminares apontaram a existência de um conjunto de regras que relacionam os elementos gráficos utilizados em uma proposta de visualização baseada em técnicas de RV e conceitos de AV.

Foi observado, no grupo de voluntários que participou do experimento, uma possível preferência pelo uso de contraste por cor como forma de salientar informações relevantes. Em comparação ao contraste por complementar, isso pode ser explicado em função de algumas combinações de cores serem consideradas desconfortáveis pelos usuários, até mesmo sobrecarregando sua percepção visual.

Por sua vez, o uso de diferentes formas geométricas simples como um instrumento para indicar similaridade entre os agrupamentos informacionais foi bem recebido pelos usuários. Entretanto, uma possível relação entre as formas geométricas utilizadas e as formas de saliência não foram ainda estabelecidas, sendo uma questão a ser explorada no futuro.

As regras obtidas a partir do uso de aprendizagem baseada em regras orientarão a geração de novas variações para a visualização proposta. Espera-se que essas novas visualizações sejam mais significativas aos usuários, favorecendo assim a melhor percepção das informações apresentadas.

Os resultados também sinalizam a necessidade de aumentar o conjunto de dados como forma de melhorar parâmetros como suporte, confiança e *lift* das regras. O conjunto de dados também será usado no treinamento de um classificador baseado em árvore de decisão, a ser usado futuramente na avaliação das novas variações da visualização.

Objetiva-se com isso estabelecer um mecanismo permanente para aprimoramento da visualização para um determinado grupo de usuários ou, no caso, de um novo domínio de aplicação que permita ajustar a visualização as preferências desse novo grupo.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e a FAPESP – INCT – MACC (Processo 157535/2017-7) pelo apoio.

Bibliografia

- [1] Liu, S.; Cui, W.; Wu, Y.; Liu, M. (2014) A survey on information visualization: recent advances and challenges. *The Visual Computer* 30(12): 1373-1393. DOI: [10.1007/s00371-013-0892-3](https://doi.org/10.1007/s00371-013-0892-3).
- [2] Aigner, W.; Miksch, S.; Müller, W.; Schumann, H.; Tominski, C. (2007) Visualizing time-oriented data - a systematic view. *Computers & Graphics* 31(3): 401-409. DOI: [10.1016/j.cag.2007.01.030](https://doi.org/10.1016/j.cag.2007.01.030)
- [3] Morawa, R.; Horak, T.; Kister, U.; Mitschick, A.; Dachselt, R. (2014) Combining Timeline and Graph Visualization. *Proc. Ninth ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces*, p. 345-350. ACM. DOI: [10.1145/2669485.2669544](https://doi.org/10.1145/2669485.2669544)
- [4] Nunes, F. L. S.; Costa, R. M. E. M.; Machado, L. S.; Moraes, R. M. (2011) Realidade Virtual para saúde no Brasil: conceitos, desafios e oportunidades. *Rev. Bras. Eng. Biom* 27(4): 243-258. DOI: [10.4322/rbeb.2011.020](https://doi.org/10.4322/rbeb.2011.020)
- [5] Kirk, A. (2012) *Data Visualization: a successful design process*. Packt Publishing Ltd.
- [6] Liu, X.; Milanova, M. (2018) Visual attention in deep learning: a review. *International Robotics & Automation Journal* 4(3): 154-155. DOI: [10.15406/iratj.2018.04.00113](https://doi.org/10.15406/iratj.2018.04.00113)
- [7] Treisman, A. M.; Gelade, G. (1980) A feature-integration theory of attention. *Cognitive psychology* 12(1): 97-136. DOI: [10.1016/0010-0285\(80\)90005-5](https://doi.org/10.1016/0010-0285(80)90005-5)
- [8] Borji, A., & Itti, L. (2012) State-of-the-art in visual attention modeling. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence* 35(1): 185-207. DOI: [10.1109/TPAMI.2012.89](https://doi.org/10.1109/TPAMI.2012.89)
- [9] Polatsek, P.; Waldner, M.; Viola, I.; Kapec, P.; Benesova, W. (2018) Exploring visual attention and saliency modeling for task-based visual analysis. *Computers & Graphics* 72: 26-38. DOI: [10.1016/j.cag.2018.01.010](https://doi.org/10.1016/j.cag.2018.01.010)
- [10] Frintrop, S.; Rome, E.; Christensen, H. I. (2010) Computational visual attention systems and their cognitive foundations: a survey. *ACM Transactions on Applied Perception* 7(1): article 6. DOI: [10.1145/1658349.1658355](https://doi.org/10.1145/1658349.1658355)
- [11] Nothdurft, H. C. (2000) Saliency from feature contrast: additivity across dimensions. *Vision Research* 40(10-12): 1183-1201. DOI: [10.1016/S0042-6989\(00\)00031-6](https://doi.org/10.1016/S0042-6989(00)00031-6)
- [12] Silva, S. F.; Catarci, T. (2000) Visualization of linear time-oriented data: a survey. *Proc. First International Conference on Web Information Systems Engineering*, v. 1, p. 310-319. IEEE. DOI: [10.1109/WISE.2000.882407](https://doi.org/10.1109/WISE.2000.882407)