



ação ergonômica, volume 5, número 3

PROPOSTA DE MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS GRÁFICO-INFORMACIONAIS DE NOTAÇÕES DE ENGENHARIA

Carlo Alessandro Zanetti Pece

UTFPR | Departamento de Desenho Industrial
carlopece@utfpr.edu.br

Carla Galvão Spinillo

UFPR | Departamento de Design
cgspin@terra.com.br

Stephania Padovani

UFPR | Departamento de Design
s_padovani2@yahoo.co.uk

Resumo: Este estudo tem como objetivo propor um método para a avaliação de notações de engenharia enfocando especificamente seus aspectos gráficos e informacionais. Para tal, os critérios de avaliação adotados relacionam-se à capacidade da notação quanto a: (a) delimitar graficamente grupos e sub-grupos; (b) explicitar a hierarquia entre elementos; (c) indicar relações de pertinência entre os elementos; (d) evidenciar a ordem de leitura. Conduziu-se um experimento piloto com estudantes de design, cujos resultados apontaram necessidades de ajustes tanto no material quanto nos procedimentos metodológicos.

Palavra Chave: avaliação, notações de engenharia, aspectos gráficos.

Abstract: *This study aims to propose a method for the evaluation of engineering notations focusing on their graphic and information aspects. In order to achieve such purpose, the evaluation criteria adopted refer to the notation's capacity to: (a) graphically delineate groups; (b) make the hierarchy of notational elements explicit; (c) indicate pertinence relationships between elements; (d) turn the reading sequence evident. The results of a pilot experiment conducted with design students pointed out the necessity to adjust both the material and methodological procedures.*

Keywords: *evaluation, engineering notations, graphic aspects.*



1. Introdução

Notações de engenharia são meios simbólicos através dos quais informação técnica pode ser expressa e trabalhada. Em outras palavras, a notação é a linguagem através da qual quantidades de engenharia, p. ex. físicas e matemáticas, podem ser representadas e relacionadas. Sem esse meio simbólico, ou seja, apenas com o recurso da palavra escrita, o desenvolvimento das respectivas expressões seria inviável.

Segundo Blostein e Grbavec (1996), as notações têm como principal função representar idéias que auxiliam o raciocínio matemático e a visualização. Esses autores explicam que o entendimento de expressões matemáticas envolve: (a) reconhecimento de símbolos, (b) identificação das relações espaciais entre símbolos, (c) identificação de relações lógicas entre símbolos, e (d) construção de significado.

Apesar da importância para o aprendizado de conceitos e resolução de problemas nas áreas técnicas, notações podem ser consideradas um dos principais fatores causadores da conhecida dificuldade, p.ex., que alunos dos primeiros períodos dos cursos de engenharia demonstram no estudo da cinemática e dinâmica rotacionais. Um dos aspectos que mais contribui para essa dificuldade é a tendência minimalista das notações, ou seja, a representação da informação com um mínimo de símbolos. Isto faz com que uma parte da informação fique implícita tendo, portanto, que ser inferida e dependente da experiência anterior do usuário.

Cumprir ainda observar que autores das áreas técnicas dão geralmente pouca atenção aos aspectos gráficos e diagramáticos de suas notações, chegando por vezes a trocar o significado dos símbolos durante o decorrer de um mesmo texto.

Diante dessa problemática, este estudo tem como objetivo propor um método, em caráter experimental e exploratório, para a avaliação de notações de engenharia com estudantes universitários. Neste artigo, são apresentados resultados preliminares dessa proposta, enfocando critérios de avaliação relacionados à capacidade da notação quanto a: (a) delimitar graficamente grupos e sub-grupos; (b) explicitar a hierarquia entre elementos; (c) indicar relações de pertinência entre os elementos; (d) evidenciar a ordem de leitura.

2. Desenvolvimento e avaliação de notações

A revisão da literatura conduzida neste estudo revelou que representações simbólicas verbal-numéricas, como é o caso das notações de engenharia, ainda carecem de maior e mais aprofundada investigação, principalmente no âmbito da Ergonomia Informacional e do Design. Foi possível verificar ainda que pouca atenção é destinada ao usuário, ou seja, o processo de elaboração das notações é caracteristicamente centrado no sistema.

Khalil e Kleinfinger (1986), por exemplo, propuseram uma nova notação geométrica para a descrição de ciclos cinemáticos do tipo *open-loop* utilizados no projeto de robôs. Os autores observaram que as notações existentes se aplicavam muito bem a sistemas robóticos seriais, mas apresentavam ambigüidade em sistemas do tipo *loop*. Os autores avaliaram a aplicação da notação em uma série de projetos de robôs com diferentes parâmetros, mostrando como a notação pode facilitar a transformação automática entre diferentes sistemas de referência. Entretanto, a notação foi testada apenas pelos dois autores, não sendo reportada validação envolvendo usuários.

Tsostras *et al.* (1997) criaram uma notação para representar buscas temporais, espaciais ou espacial-temporais. A notação torna explícitos todos os parâmetros incluídos na busca, especificando valores, intervalos, critérios de inclusão e exclusão, além de uniformizar as expressões que relacionam esses parâmetros (e.g., AND, OR, CONTAINS). Os autores apresentam uma série de exemplos de conversão de buscas em linguagem natural para a notação desenvolvida, comparando os resultados com outras notações existentes. Apesar das vantagens observadas pelos autores quanto à simplicidade, extensão, consistência e não ambigüidade, a nova notação não foi testada com usuários de sistemas de busca.

Wang (2002) desenvolveu uma notação para a representação de estados passíveis de serem assumidos por softwares. A notação permite que se considerem concomitantemente três variáveis envolvidas na definição desses estados: (a) operação matemática; (b) tempo de processamento; (c) manipulação de memória. Outro requisito considerado foi a independência de linguagem, de modo que a notação pudesse ser utilizada em diferentes processos de desenvolvimento de

software. O autor apresenta uma série de exemplos de aplicação da notação, mas não a valida com usuários.

Amyot (2003) desenvolveu uma notação para ser utilizada nos estágios iniciais do processo de design de sistemas de telecomunicação. A notação representa especificamente os requisitos relacionados aos usuários do sistema, servindo como suporte à descrição e análise desses requisitos. O autor avalia a notação através de sua aplicação em um projeto na área de telefonia móvel. Os resultados demonstraram que a notação facilita tanto a formalização da conceituação do projeto como a transição entre um conjunto de requisitos e o modelo de design. A avaliação foi realizada pelo próprio autor, sem a participação de usuários.

Rudman (1998) identificou uma série de dificuldades entre alunos de disciplinas introdutórias de cursos de química. Ampla necessidade de memorização de elementos, nomenclaturas e fórmulas estão entre os aspectos mais críticos. Com base nas dificuldades observadas, o autor propôs uma nova notação para símbolos químicos utilizando-se de molduras geométricas para diferenciá-los. Segundo o autor, a notação tem a vantagem de permitir a imediata identificação da classe a que o símbolo pertence, apenas pela forma da moldura. Porém, essa vantagem não foi confirmada através de testes com usuários.

Smirnova e Watt (2004) adotaram uma abordagem um pouco diferente e, ao invés de propor uma notação, desenvolveram um sistema para seleção de notações a serem utilizadas em aplicações de matemática. O programa permite que o próprio usuário escolha, dentre uma variedade de notações disponíveis, qual deseja utilizar, além de remover ambigüidades quando o mesmo elemento notacional for utilizado para representar diferentes conceitos ou operações. Apesar das vantagens observadas pelos autores, não houve validação do sistema com usuários.

Cooper e Ito (2000), e Purchase *et al.* (2004) representam uma exceção à tendência predominante de design de notações centrado no sistema. Ambos testaram suas notações com usuários reais, utilizando uma abordagem metodológica experimental.

Cooper e Ito (2000) testaram duas diferentes versões de uma proposta de notação para utilização no projeto e especificação de softwares que manipulam

dados complexos. Participaram do experimento estudantes de graduação de informática e engenharia de software. Os resultados demonstraram que o tempo de redação e revisão de especificações de software foi reduzido com o uso da nova notação, além de facilitar a detecção de defeitos no software em desenvolvimento.

Purchase *et al.* (2004) compararam duas versões diferenciadas de uma notação diagramática para representação de entidade-relação (ER) através de testes com usuários. Participaram do experimento estudantes de graduação em ciência da computação não familiares com as notações em teste. Os resultados demonstraram maior facilidade de compreensão e preferência dos usuários pela notação mais concisa (menor quantidade de formas) e com representação da informação de forma predominantemente diagramática ao invés de textual.

3. Método da pesquisa

3.1. Participantes e material

Participaram voluntariamente da pesquisa dez estudantes de graduação em design com pouca familiaridade com notações das áreas técnicas. Os participantes foram divididos em dois grupos de cinco, cada qual interagindo com dois exemplos notacionais. O primeiro grupo interagiu com exemplos com caracteres alfanuméricos (figura 1), enquanto o segundo interagiu com contendo áreas representando as massas gráficas (figura 2).

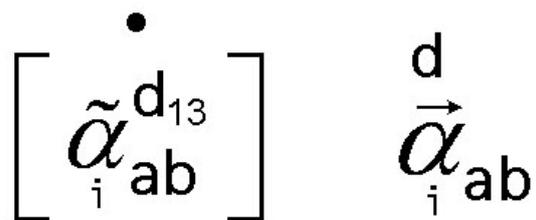


Figura 1: exemplos com caracteres alfanuméricos

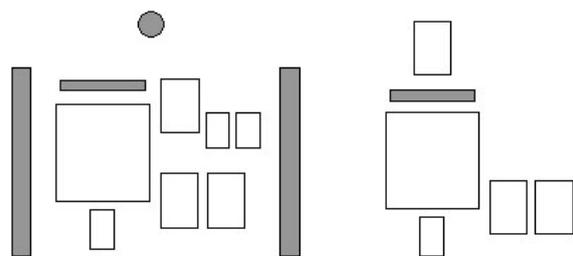


Figura 2: exemplos notacionais com massas gráficas



3.2. Procedimento

Cada um dos participantes recebeu uma folha contendo os dois exemplos notacionais e quatro perguntas referentes à formação de grupos e sub-grupos, pertinência entre caracteres, níveis de hierarquia e ordem de leitura para cada exemplo notacional.

Para indicar os sub-grupos, solicitou-se que os participantes individualmente desenharem círculos sobre os exemplos notacionais. Para indicar pertinência, os participantes deveriam desenhar setas relacionando os elementos. Para identificar níveis hierárquicos, deveriam utilizar as letras do alfabeto. Por fim, para explicitar a ordem de leitura, os participantes deveriam numerar os elementos (figura 3). Cada uma das respostas deveria ser justificada.

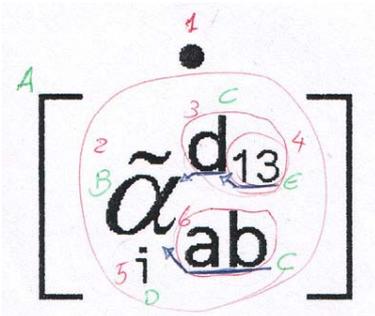


Figura 3: exemplo notacional com as interferências realizadas por um dos participantes do teste

4. Resultados da pesquisa

Devido ao caráter exploratório desta fase pesquisa, seus resultados são discutidos quanto a adequação dos procedimentos, do aparato utilizado, das variáveis dependentes e a compreensão das perguntas pelos participantes. Portanto, apresenta-se a seguir uma síntese dos resultados (sem a preocupação quantitativa) e comentários sobre os aspectos a serem modificados para o teste definitivo. Os resultados foram organizados de acordo com as quatro variáveis dependentes: identificação de grupos, pertinência, hierarquia e ordem de leitura.

Inicialmente, cumpre mencionar que os resultados dos testes conduzidos com as massas gráficas mostraram-se extremamente inconsistentes, invalidando completamente a utilização dos dados. As principais razões que pudemos vislumbrar para o ocorrido foram:

- excessivo nível de abstração (o uso de formas geométricas anulou completamente qualquer possibilidade dos participantes atribuírem significado aos elementos que lhes auxiliasse a enxergar relações entre os mesmos);
- destaque inadequado para alguns elementos (colchetes, til e ponto foram representados por formas cinzas, diferenciando-os excessivamente dos outros caracteres);
- uso de formas geométricas similares (muitos participantes imaginaram associações inexistentes entre grupos devido à similaridade das formas geométricas).

Desse modo, concentramo-nos no que se segue nos resultados dos testes realizados com os exemplos notacionais utilizando caracteres alfanuméricos, os quais se mostraram mais elucidativos no sentido de fornecer subsídios para a melhoria dos procedimentos visando os testes finais ou mesmo modificações na própria estrutura notacional.

4.1. Identificação de grupos

Os resultados relacionados a essa variável demonstraram que os participantes, em sua maioria, conseguiram identificar corretamente os agrupamentos formados pelos elementos notacionais (figura 4). Conforme as justificativas apresentadas, a identificação dos grupos foi realizada pelos participantes com base na proximidade dos elementos, formação de seqüências compreensíveis (e.g., 13 e ab) e posicionamento relativo (e.g., subscripto). As justificativas expressam que os participantes compreenderam claramente este critério. As figuras a seguir mostram a solução correta (resposta desejada) à esquerda em verde e, em vermelho, as respostas mais frequentes dos participantes à direita.

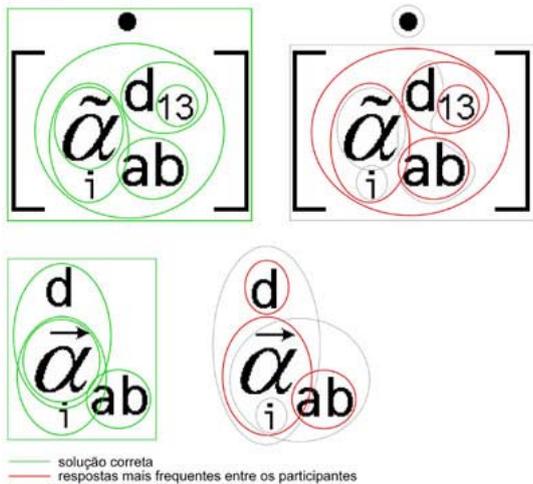


Figura 4: Resultados relativos à identificação de grupos

4.2. Pertinência

Os resultados relacionados à pertinência entre elementos demonstraram que os participantes tiveram dificuldade em associar o item ‘i’ aos demais em ambos os exemplos. A seta sobre o elemento ‘α’ também não foi reconhecida como pertencente ao respectivo grupo (figura 5).

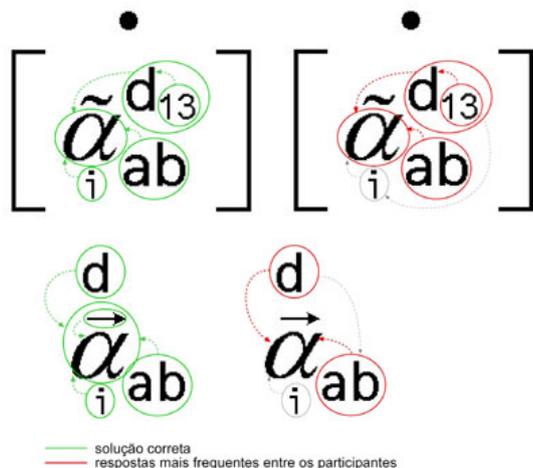


Figura 5: Resultados relativos à pertinência

Como justificativas para estabelecer as relações de pertinência, os participantes citaram: tamanho relativo, posicionamento relativo (e.g., subscrito), estilo tipográfico e proximidade. O critério estilo tipográfico (e.g. variação na fonte tipográfica) foi responsável por algumas associações equivocadas entre grupos.

Diante das dificuldades, verifica-se que o conceito de pertinência não foi completamente absorvido pelos participantes. Como razão para tal, identificamos um trecho ambíguo do enunciado da pergunta correspondente, que necessita ser

modificado: “indicar pertinência (quem se relaciona a quem) entre os elementos”.

4.3. Hierarquia

Os resultados relacionados à hierarquia revelaram enorme variação entre participantes e exemplos notacionais, não sendo possível reconhecer uma tendência nos dados (figura 6). As justificativas apresentadas pelos participantes corroboram as dificuldades apresentadas na identificação de níveis hierárquicos: tamanho, relações de pertinência, espaço ocupado, peso visual, ordem de leitura, posicionamento do centro para as bordas. Verifica-se que as justificativas misturam uma série de critérios não necessariamente relacionados à hierarquia, sugerindo uma prévia discussão do termo para a devida elucidação.

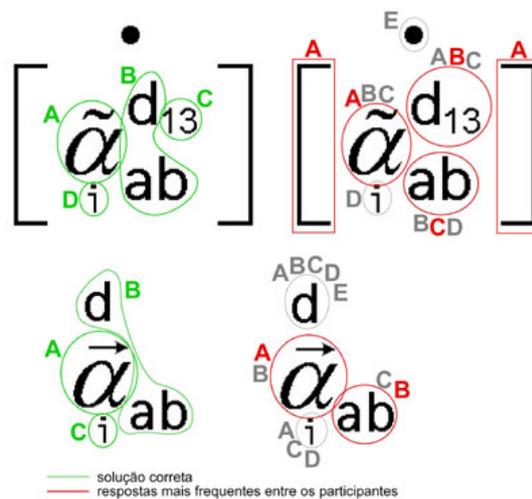


Figura 6: Resultados relativos à hierarquia

4.4. Ordem de leitura

Os resultados relacionados a essa variável demonstraram que, assim como no critério hierarquia, os participantes tiveram bastante dificuldade em identificar corretamente a ordem de leitura entre os elementos notacionais. Dentre as justificativas apresentadas, os participantes citaram: sentido de leitura ocidental (esquerda para a direita e de cima para baixo), tamanho relativo, agrupamentos, hierarquia ao inverso.

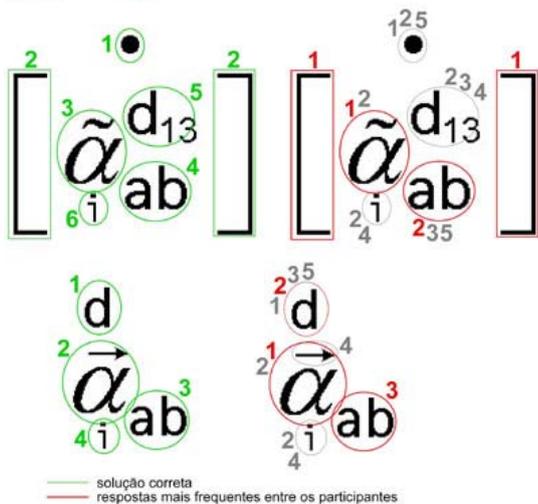


Figura 7: Resultados relativos à ordem de leitura

Uma razão para a falta de tendência dentro dos dados e os equívocos existentes nas respostas dos participantes pode ser atribuída à falta de familiaridade dos participantes (alunos de design) com o conteúdo dos elementos notacionais apresentados. Mais ainda, aparentemente os participantes tiveram dificuldade em diferenciar o parâmetro hierarquia do parâmetro ordem de leitura, sugerindo, novamente, a necessidade de prévia explicação dos conceitos.

Considerando os resultados desta fase exploratória da pesquisa, pode-se afirmar que tanto o material quanto os procedimentos demandam ajustes. A representação da notação através de massas gráficas deve ser repensada em testes futuros. Quanto aos procedimentos, os resultados sugerem que os conceitos de pertinência, hierarquia e ordem de leitura devem ser explicitados aos participantes antes da (ou na) realização do teste, evitando-se assim confusão/ambigüidade na atribuição de significados a estes termos.

5. Conclusões e desdobramentos

Como síntese, podemos afirmar que os resultados deste estudo foram positivos no que se refere à proposição de um método para a avaliação dos aspectos gráfico-informacionais de notações de engenharia. Apesar de seu caráter exploratório, este estudo permitiu tecer recomendações para a melhoria da proposta preliminar de método ora apresentada:

- Empregar enunciados mais claros e precisos nas questões sobre as variáveis verificadas na notação;

- Utilizar estilos tipográficos diferenciados nos protocolos, para melhorar a percepção dos elementos da notação;
- Empregar perguntas abertas e solicitar justificativas das respostas nos protocolos de testagem, para avaliar o entendimento dos participantes;
- Envolver grupos de participantes de variada familiaridade com notações e conteúdo (e.g. estudantes de design e de engenharia).

Como desdobramento maior deste estudo tem-se um maior refinamento da notação proposta por Pece e Padovani (2008), com base nos resultados dos testes envolvendo usuários finais.

Referências

- AMYOT, D. Introduction to the User Requirements Notation: learning by example. *Computer Networks*, no 42 (2003). p. 285–301.
- BLOSTEIN, D.; GRBAVEC, A. Recognition of mathematical notation. In *Handbook on Optical Recognition and Document Image Analysis*. World Scientific Publishing, 1996. p. 01-26.
- COOPER, K. M. L.; ITO, M. R. Experimental Evaluation of the Stimulus Response Requirement Specification Notation. In *Proceedings of EASE 2000*. 2000. p. 01-06.
- KHALIL, W.; KLEINFINGER, J. A new geometric notation for open and closed-loop robots. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*. 1986. p. 1174- 1179.
- PECE, C. A. Z.; PADOVANI, S. Desenvolvimento de uma notação de engenharia: uma abordagem ergonômica. In *Anais do ABERGO 2008*. Porto Seguro: ABERGO – BR, 2008. CD-ROM.
- PURCHASE, H. C.; WELLAND, R.; MCGILL, M.; COLPOYS, L. Comprehension of diagram syntax: an empirical study of entity relationship notations. *International Journal of Human-Computer Studies*, no 61, 2004. p. 187–203.
- RUDMAN, R. Geometric Enclosure: a New Notation for Chemical Symbols. *Computers Chemistry*. Vol. 22, no 2-3, 1998. p. 245-250.



SMIRNOVA, E.; WATT, S. M. An Approach to Mathematical Notation Selection. In *Proceedings of the NA MKM 2004*. 2004.

TSOTRAS, V. J.; JENSEN, C. S.; SNODGRASS, R. T. A Notation for Spatiotemporal Queries. *Time Center Technical Report*. 1997.

WANG, Y. A new mathematical notation for describing notion and thought in software design. In *Proceedings of the IEEE Conference on Cognitive Informatics (ICCI'02)*. 2002.