















- Falha de arraste: ao clicar e arrastar a caneta, é necessário manter certa pressão sobre a superfície para manter o LED aceso. Ocasionalmente, no momento de arrastar, alguns usuários podem ter reduzido a pressão, apagando o LED;
- Considerando esses dois fatores, as falhas apresentadas na Tabela 1 puderam ser classificadas em três categorias:
  - Falhas no início das palavras (47%): apontam para falha de arraste, uma vez que ocorrem logo após o início da manipulação da caneta;
  - Falhas no meio das palavras (26%): provavelmente causadas por oclusão devido à movimentação do corpo do usuário;
  - Falha no fim das palavras (27%): provavelmente causadas por oclusão devido à movimentação da mão do usuário.

Pode-se notar que a maioria das falhas ficou situada entre o meio e o final das palavras, totalizando 53%, o que indica que a oclusão acontece mais frequentemente do que possíveis falhas no uso da caneta (falhas de arraste). No entanto, nota-se que o elevado percentual de falhas no início das palavras (47%) sugere que ainda cabem modificações no protótipo da caneta, a fim de melhorar o acionamento de seu LED infravermelho.

Já considerando a distribuição espacial das falhas, sobrepondo-se todos os traçados realizados pelos participantes do teste, obteve-se o mapa de calor (WILKINSON, 2009) apresentado na Figura 7, onde as regiões mais escuras representam maior frequência de falhas.

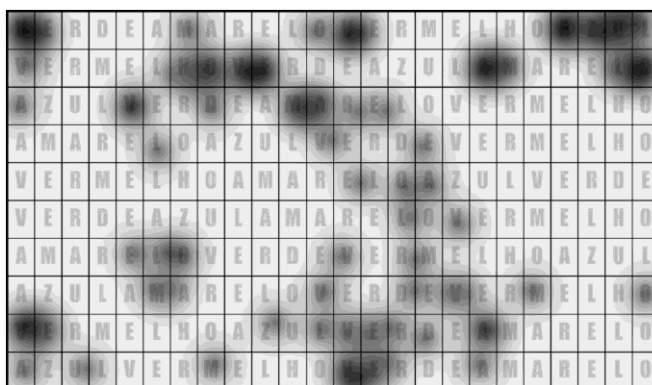


Figura 7 – Mapa de calor mostrando a distribuição espacial de falhas de traçado.

Fonte: os autores, 2019.

Percebe-se que a maioria das falhas ocorre nas extremidades superiores da projeção. No canto esquerdo superior, considerando a distribuição dos elementos apresentada na Seção 4.1, as falhas possivelmente ocorrem devido à maior distância da câmera e consequente dificuldade para captura correta. E no canto direito superior, as falhas podem advir da inclinação da mão de algumas pessoas, particularmente as destros.

### 4.3. Teste com Docentes

Dados os bons resultados do primeiro teste, procedeu-se um segundo teste com a participação de três docentes também do Curso de Bacharelado em Sistemas e Mídias Digitais da Universidade Federal do Ceará, que já possuíam experiência no uso de lousas digitais.

Mais uma vez, a amostra obtida é do tipo não-probabilística e de conveniência, pois os participantes se encontravam diretamente acessíveis aos pesquisadores que realizaram os testes (LAKATOS E. MARCONI, 2017).

A fim de complementar os resultados obtidos no teste anterior, optou-se por instalar o sistema numa sala que possuía uma lousa de vidro, que normalmente não é suportada pela maioria das soluções comerciais, foi replicado o mesmo posicionamento de equipamentos já descrito na Seção 4.1.



Empregando o sistema, foi solicitado a cada um dos docentes a realização da seguinte sequência de operações:

1. Calibrar o sistema;
2. Empregando o software LibreOffice (<https://pt-br.libreoffice.org>), elaborar uma apresentação simples, contendo três slides, sobre o bairro onde mora e, posteriormente, apresentar a mesma;
3. Criar elementos gráficos simples (um retângulo, uma elipse e um triângulo) com diferentes tipos e cores de preenchimentos na ferramenta online SumoPaint (<https://www.sumopaint.com>);
4. Montar um dos quebra-cabeça disponíveis no website <http://www.toupty.com>;
5. Acessar, informando login/senha, um sistema online para a criação de uma aula fictícia, com tema livre, incluindo a criação de um título e uma breve descrição, e a inclusão de um arquivo PDF.

Para a inserção de textos, foi utilizado um teclado virtual, fornecido pelo próprio Microsoft Windows, sistema operacional utilizado nos testes, apresentado diretamente na projeção. Após a realização das atividades, os participantes foram incentivados a discutir suas impressões acerca do uso do sistema, incluindo a comparação com os modelos comerciais utilizados anteriormente, destacando principais vantagens e desvantagens observadas. Todo o processo foi devidamente documentado em vídeo e demandou cerca de 40 minutos, por participante, incluindo a discussão de suas impressões de uso.

De uma forma geral, e do ponto de vista qualitativo, o sistema proposto foi bem avaliado, sendo destacada a facilidade de calibragem inicial, considerada mais simples que a maioria dos modelos comerciais. A caneta utilizada foi considerada adequada, porém um dos participantes sentiu falta de um LED colorido para informar o correto funcionamento da mesma. Os participantes ficaram bastante satisfeitos com o baixo custo envolvido e destacaram, ainda, uma questão ecológica. Tal questão refere-se à possibilidade da substituição praticamente total de giz, marcadores e apagador, evitando o comum descarte de tais materiais. A fim de fomentar ainda tal apelo ecológico, dois dos docentes indicaram a substituição das pilhas comuns utilizadas por modelos recarregáveis.

Com relação especificamente à caneta, um docente comentou sobre sua simplicidade de construção, informando que a maioria dos modelos utilizados comercialmente simplesmente não pode ser reparada em caso de problemas, precisando ser substituída. Já um outro docente achou que a caneta utilizada era bastante superior na questão de ergonomia e de baixo peso, comparando-a com outros modelos utilizados previamente.

Todos os três participantes consideraram simples o emprego do sistema como um todo, mas indicaram que seria interessante a produção de algum tipo de tutorial específico para uso por iniciantes. Além disso, eles também aconselharam o desenvolvimento de um software específico para complementar a operação, uma vez que sentiram falta de recursos como captura e edição de telas, geralmente presente em sistemas comerciais. Os três participantes criticaram a necessidade constante de reposicionamento do teclado virtual, sendo mais interessante a adoção de um modelo que pudesse ser exibido e ocultado de acordo com o uso. Tal recurso também poderia estar disponível no software complementar.

Apesar do aspecto qualitativo desse teste, percebeu-se que a proporção de falhas observadas foi similar àquela observada no teste anterior, realizado com estudantes.

## 5. Conclusões

O presente trabalho expôs uma alternativa de solução para produzir um sistema de baixo custo de lousa digital, empregando tecnologia de captura de luz infravermelha, que possa ser utilizado como recurso didático para instituições de ensino.

Algumas vantagens destacadas nos testes realizados, como a simplicidade de operação, desde a fase de calibração até o uso propriamente dito, o baixo custo de disponibilização junto

às poucas falhas de captura, destacam o instrumento desenvolvido como uma boa solução em relação a outros produtos semelhantes, inclusive comerciais.

No entanto, observando os resultados apresentados, podem ser elencados ainda alguns possíveis refinamentos a serem realizados em trabalhos futuros:

- Criação de software complementar de uso, fornecendo recursos de captura e edição de telas e disponibilização de teclado virtual;
- Substituição do uso da caneta por emissor laser infravermelho para operação a distância, aproveitando-se do atual sistema de captura;
- Adaptação da ponta da caneta para operação em outras superfícies, como paredes comuns ou mesmo aparelhos de TV, em substituição ao emprego de quadros de fórmica, lousas de vidro e afins, minimizando ainda mais os custos envolvidos;
- Avaliação do emprego da solução em salas de aula.

Com tais aprimoramentos, acredita-se que informações sobre o modelo proposto possam ser futuramente disponibilizadas, sob licença de software e de hardware livres, para replicação por indivíduos ou instituições interessadas. Assim, espera-se que a solução aqui proposta possa evoluir de tal forma a se consolidar como uma opção alternativa de ferramenta voltada a uma maior democratização do processo de ensino-aprendizagem otimizado.

## 6. Referências

- DANTAS, P. F. S. **Lousa digital baseada em visão computacional**. 2015. 57p. Monografia (Bacharelado em Sistemas de Informação) - Universidade Federal do Ceará, Quixadá, 2015. Disponível: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/wvc/2012/0021.pdf>
- DE CARLI, D. **Reflexões sobre a lousa digital como recurso pedagógico a partir da abordagem sociointeracionista**. Colabor@-A Revista Digital da CVA-RICESU, 8(31).2013.
- GIACOMAZZO, G. F. *et al.* **Aplicações para a Ferramenta de Avaliação Online Quiz na UNESC**. **RENOTE**, RENOTE, 8(3). 2010.
- JUNIOR, J. C. D. C. **Lousa interativa de alta resolução**. Revista Sapere. Tatuí, v.3, n.1, p.1-5, 2011.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 2017.
- LEE, J. C. **Hacking the Nintendo Wii Remote**. IEEE Pervasive Computing, vol. 7, no. 3, pp. 39-45, July-Sept. 2008. doi: 10.1109/MPRV.2008.53
- MARQUES FILHO, O.; VIEIRA NETO, H. **Processamento Digital de Imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999.
- PEREIRA, A. R. **Uso de sistema interativo baseado em projetor multimídia e controle “Wiimote” do nintendo em aulas de química**. 2015. 32 p. Monografia (Licenciatura em Química) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2015.
- SOARES, C. P. A. **LoCoBoard: Low-Cost Interactive Whiteboard Using Computer Vision Algorithms**. Fernando Pessoa: Universidade Fernando Pessoa, 2009. Disponível em: <[http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/1228/1/DM\\_ChristopheSoares.pdf](http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/1228/1/DM_ChristopheSoares.pdf)>. Acesso em: 12 set. 2019.
- WILKINSON, L.; FRIENDLY, M. **The history of the cluster heat map**. The American Statistician 63.2 (2009): 179-184.
- ZANETTE, E. N.; NICOLEIT, E. R.; GIACOMAZZO, G. F.; FIUZA, P. J.; DOSSANTOS, C. R. **Construindo novas interações: AVA e lousa digital interativa no ensino superior**. **RENOTE**, 8(2). 2010.