

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE INFORMÁTICA

CLEON XAVIER PEREIRA JÚNIOR

**Explorando a Tinta Digital para a
Avaliação: análise de traços simples**

Goiânia
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE INFORMÁTICA

**AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE DISSERTAÇÃO
EM FORMATO ELETRÔNICO**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, **AUTORIZO** o Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás – UFG a reproduzir, inclusive em outro formato ou mídia e através de armazenamento permanente ou temporário, bem como a publicar na rede mundial de computadores (*Internet*) e na biblioteca virtual da UFG, entendendo-se os termos “reproduzir” e “publicar” conforme definições dos incisos VI e I, respectivamente, do artigo 5º da Lei nº 9610/98 de 10/02/1998, a obra abaixo especificada, sem que me seja devido pagamento a título de direitos autorais, desde que a reprodução e/ou publicação tenham a finalidade exclusiva de uso por quem a consulta, e a título de divulgação da produção acadêmica gerada pela Universidade, a partir desta data.

Título: Explorando a Tinta Digital para a Avaliação: análise de traços simples

Autor(a): Cleon Xavier Pereira Júnior

Goiânia, 13 de Outubro de 2015.

Cleon Xavier Pereira Júnior – Autor

Dra. Ana Paula Laboissière Ambrósio – Orientador

CLEON XAVIER PEREIRA JÚNIOR

Explorando a Tinta Digital para a Avaliação: análise de traços simples

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Mestrado em Ciência da Computação.

Área de concentração: Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dra. Ana Paula Laboissière Ambrósio

Goiânia
2015

CLEON XAVIER PEREIRA JÚNIOR

Explorando a Tinta Digital para a Avaliação: análise de traços simples

Dissertação defendida no Programa de Pós-Graduação do Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Mestrado em Ciência da Computação, aprovada em 13 de Outubro de 2015, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dra. Ana Paula Laboissière Ambrósio

Instituto de Informática – UFG

Presidente da Banca

Profa. Dra. Deller James Ferreira

Instituto de Informática – UFG

Prof. Dr. Joaquim Melo Henriques Macedo

Departamento Informática – Universidade do Minho

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador(a).

Cleon Xavier Pereira Júnior

Graduou-se em Sistemas de Informação na UEG - Universidade Estadual de Goiás. Durante sua graduação foi monitor da disciplina de linguagem e técnicas de programação e também adquiriu experiência profissional, através de estágios e contratos, nas áreas de desenvolvimento de sistemas e banco de dados. Durante o mestrado na UFG estudou a tecnologia da tinta digital como meio de automatizar testes envolvendo desenhos. Atualmente, atua como professor no Instituto Federal Goiano.

Dedico este trabalho aos meus pais que sempre me apoiaram durante meus estudos.

Agradecimentos

Durante os dois anos que estive envolvido no mestrado, algumas pessoas foram peças fundamentais para que eu chegasse ao êxito deste trabalho, dentre eles:

Minha família que sempre me incentivou dando todo subsídio necessário para eu poder me sustentar no mestrado.

Minha orientadora Ana Paula que, junto com seu esposo e também professor, Fouad Georges sempre me deram as melhores orientações e tiveram paciência em me explicar o número de vezes que fosse necessário para eu entender.

Meus professores do Instituto de Informática que, através das disciplinas, me transmitiram um conhecimento que serviu de apoio para este trabalho.

Meus colegas Ernesto Fonseca, Flávio Vilela, Lucas de Almeida, Marcos Alves, Raissa dos Santos, Rodrigo Elias e Walquíria Marins que sempre estiveram contribuindo com amizade e conhecimento durante as disciplinas ou nos corredores do Instituto de Informática.

Meus colegas do Instituto Federal Goiano que me incentivaram para finalizar este trabalho.

Meu colega de mestrado, colega de trabalho e amigo pessoal, Julio Cesar Pires, que sempre me apoiou durante o mestrado e em todas as outras decisões.

Deus, porque sem Ele eu não teria chegado a lugar algum.

A estas pessoas, e as demais que contribuíram para eu chegar ao término deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará a seu tamanho original.

Oliver Wendell Holmes,

Resumo

Xavier Pereira Júnior, Cleon. **Explorando a Tinta Digital para a Avaliação: análise de traços simples**. Goiânia, 2015. 71p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás.

A tinta digital está presente em vários dispositivos eletrônicos e pode trazer contribuições para o processo de avaliação por permitir acesso a informações que não estavam disponíveis quando realizadas usando métodos tradicionais. Ela é particularmente interessante em avaliações que envolvem desenhos, já que oferece um meio bastante similar ao lápis e papel com a vantagem de permitir a automatização do processo. Sendo assim, o primeiro passo é oferecer recursos para capturar, armazenar e reproduzir o desenho realizado. Em seguida, é necessário analisar os dados coletados. No entanto, a análise de desenhos é uma tarefa complexa e alvo de diversas pesquisas. Assim, como uma contribuição inicial, este trabalho foca a análise de traços simples (retas). Com o objetivo de explorar a tinta digital como meio de avaliação foi desenvolvida uma ferramenta para automatizar a captura, armazenamento e reprodução de desenhos, e testar as funcionalidades e limitações da análise da tinta digital visando extrair conhecimento relevante para o avaliador poder tomar decisões. Para testar a ferramenta foram selecionados testes psicológicos, já que neste domínio de conhecimento o uso do desenho é bastante difundido. A ferramenta foi desenvolvida em duas etapas. A primeira, mais geral, oferece recursos para a aplicação do teste, seu armazenamento e posterior reprodução para uma análise feita pelo avaliador, não oferecendo recursos para a análise automática dos resultados. Apesar de simples, estes recursos já oferecem uma grande contribuição, pois além de armazenar como imagem o resultado final, armazena também o processo do desenho (permitindo que o avaliador acompanhe passo a passo como o teste foi realizado) e informações adicionais como tempo gasto para atividades, uso da borracha, etc. A segunda etapa da ferramenta é a análise dos dados armazenados. Esta análise é dependente do teste, e deve ser implementada de acordo com os requisitos da avaliação. Como estudo de caso foi implementado um teste que usa traços simples. O resultado mostrou que a tinta digital apresenta vantagens para a realização de avaliações que usam desenhos como meio, e deve ser alvo de futuras pesquisas visando a automatização de testes com desenhos mais complexos.

Palavras-chave

Tinta digital, InkML, análise de traços, testes psicológicos.

Abstract

Xavier Pereira Júnior, Cleon. **Exploring Digital Ink for Assessment: lines analysis**. Goiânia, 2015. 71p. MSc. Dissertation. Instituto de Informática, Universidade Federal de Goiás.

Digital ink technology is available in several electronic devices and can bring contributions to the evaluation process as it allows access to information that was not available in assessments carried out using traditional methods. It is particularly interesting in evaluations involving drawings, since it offers an environment quite similar to pencil and paper, with the advantage of allowing process automation. Thus, the first step is to provide resources to capture, store and reproduce the design done. Then, it is necessary to analyze the collected data. However, analysis of drawings is a complex task and focus of several research projects. Thus, as an initial contribution, this work focuses on the analysis of simple traces. In order to explore digital ink as a means of evaluation, a tool was developed to automate the capture, storage and reproduction of drawings, and test the features and limitations of the analysis of digital ink in order to extract relevant knowledge for the evaluator to make decisions. To test the tool, psychological tests were selected, since in this knowledge domain the use of drawings for assessment is widespread. The tool was developed in two stages. The first, more general, offers resources for test application, storage and later playback for an analysis by the evaluator, not providing resources for automatic analysis of results. Though simple, these resources offer a great contribution, because in addition to storing the final result, which can be visualized as an image, it also stores the design process (allowing the evaluator to follow step by step how the test was performed) in addition to storing other information such as time spent to perform certain steps, the use of rubber etc. The second stage of the tool is the analysis of the stored data. This analysis is test dependent, and should be implemented according to its evaluation requirements. As a case study, a test, that uses simple traces, was implemented. The result showed that the digital ink has advantages for carrying out evaluations using drawings as a medium, and should be subject to further research aimed at automating tests with more complex drawings.

Keywords

Digital Ink, InkML, Traces Analysis, Psychological Tests.

Sumário

Lista de Figuras	11
Lista de Tabelas	12
Lista de Códigos de Programas	13
1 Introdução	14
1.1 Motivação	16
1.2 Objetivos	17
1.3 Metodologia	18
1.4 Organização da Dissertação	20
2 Tinta Digital	22
2.1 Dispositivos	22
2.2 Formatos da tinta digital	24
2.2.1 ISF	25
2.2.2 InkML	26
2.3 Análise dos padrões	28
3 Testes Psicológicos	30
3.1 Testes de traços simples	30
3.1.1 Testes de labirinto	30
3.1.2 Teste de trilhas	31
3.1.3 Teste do pensamento computacional	32
3.2 Testes de desenhos	33
3.2.1 Teste da Figura Complexa de Rey-Osterrieth	33
3.2.2 Teste da Casa-Árvore-Pessoa (HTP)	34
3.2.3 Teste de Bender	35
3.3 Discussão dos testes psicológicos	36
4 Trabalhos relacionados	38
4.1 Ferramentas	38
4.1.1 HandSpy	38
4.1.2 Análise estratégica do desenho da forma poligonal em relação ao desempenho da escrita.	40
4.1.3 Mapeamento de disgrafia com dispositivo móvel	41
4.2 Discussão dos trabalhos	42

5	Implementação	44
5.1	Linguagens e Ferramentas usadas	45
5.2	Borracha	48
5.3	Hardware	48
5.4	Discussão da implementação	49
6	Aplicações e resultados	50
6.1	Ferramenta geral	50
6.2	Ferramenta específica	54
6.3	Avaliação da ferramenta	59
7	Considerações finais	63
7.1	Limitações e dificuldades	65
7.2	Trabalhos Futuros	66
	Referências Bibliográficas	67

Lista de Figuras

2.1	Modelo de Tablet PC da marca Dell	23
2.2	Interface do MyTest (Lado esquerdo: Aluno. Lado direito: Professor) [42]	24
2.3	Exemplo de processamento de um registro InkML.	26
3.1	Exemplo de teste do labirinto.	31
3.2	Exemplo para um possível teste de trilhas	32
3.3	Figura do teste do pensamento computacional na forma tradicional	32
3.4	Figura complexa de Rey-Osterrieth.	34
3.5	Exemplo de desenho da casa [11].	35
3.6	Algumas figuras do teste de Bender.	35
4.1	A crianças são convidadas a desenhar o triângulo do lado esquerdo no quadrado vazio [22].	40
4.2	Divisão do triângulo para análise [22].	41
5.1	Diagrama de Caso de Uso geral da ferramenta proposta.	44
6.1	Exemplo do teste da figura de Rey usando tinta digital.	51
6.2	Início da reprodução de um teste usando tinta digital.	53
6.3	Fim da reprodução de um teste usando tinta digital.	53
6.4	Exemplo do Teste de Pensamento Computacional.	55
6.5	Correta realização do exemplo de teste do pensamento computacional	56
6.6	Algoritmo, em fluxograma, para detectar o erro.	57
6.7	Gráfico com resultados do teste de pensamento computacional automatizado.	59
6.8	Gráfico com resultados de usabilidade do teste de pensamento computacional automatizado.	60
6.9	Gráfico com resultados do questionário realizado com estudantes.	61

Lista de Tabelas

2.1	Exemplo simples de ISF [12]	25
4.1	Comparativo dos trabalhos relacionados à pesquisa.	42
5.1	Especificação do Hardware utilizado para coleta de dados	49
6.1	Resultados da primeira etapa do teste	58

Lista de Códigos de Programas

2.1	Código em InkML	27
5.1	Uso da biblioteca <i>InkMLConverters</i> para armazenar a tinta digital	47
5.2	Evento que implementa a função borracha da tinta digital	48
5.3	Evento que implementa a função de escrita da tinta digital	48
6.1	Evento que abre um arquivo qualquer através de uma caixa de diálogo.	51
6.2	Evento que reproduz um arquivo de tinta digital.	52

Introdução

Avanços na computação podem contribuir de maneira significativa para o desenvolvimento de novas formas de comunicação e de avaliação, alterando cenários comuns, eventualmente mudando a forma de interação do sujeito. O que antes era feito com lápis e papel pode facilmente ser integrado em sistemas de computadores que hoje já possuem telas sensíveis ao toque. Com esta integração, utilizando tecnologia digital, informação considerada perdida pode ser recuperada, armazenada e analisada abrindo um leque de opções para o aprimoramento dos processos educativos e de avaliação.

Entre as informações disponíveis, encontra-se o processo de como uma avaliação foi realizada. Por exemplo, enquanto que em uma prova com lápis e papel tradicional a avaliação do resultado é feita através da resposta final dada pelo sujeito, usando tecnologia digital é possível conhecer o caminho que o sujeito percorreu para chegar a resposta, incluindo, mas não restrito, à ordem de resposta da questão, tempo gasto em cada questão, correções feitas em raciocínios anteriores, que podem oferecer uma outra perspectiva de avaliação do sujeito.

Hoje, com a crescente adoção de aparelhos eletrônicos com telas sensíveis ao toque, o uso de tinta digital tornou-se uma atividade de rotina. Esta tecnologia serve como um dispositivo de entrada de dados, sendo que a informação é transmitida por meio de uma caneta eletrônica, mouse ou até mesmo o dedo. Os dados gerados pela tinta digital são armazenados em arquivos, e, posteriormente, estes dados podem ser recuperados e processados de diferentes modos, incluindo a leitura, repetição e análise.

O Tablet PC, através da combinação de um computador portátil com uma tela sensível ao toque e uma *stylus* (caneta usada em dispositivos eletrônicos de tela sensível ao toque), cria um ambiente livre para o sujeito desenhar e escrever naturalmente, e ainda facilita o compartilhamento de informações que ficam disponíveis de forma eletrônica [26]. Dadas estas características, a tinta digital tornou-se alvo de pesquisas voltadas para atividades educacionais. No início, as atividades baseadas em computador eram feitas apenas na forma de múltipla escolha e textos curtos. Com o surgimento do Tablet PC, houve a possibilidade da incorporação de testes de escrita livre, aproximando-se da realidade dos alunos e diminuindo as críticas em relação às avaliações baseadas em

computadores [42]. Este tipo de tecnologia pode aproximar mais o estudante do educador e, por sua vez, despertar o interesse na aprendizagem [23].

Na área educacional, atualmente é possível encontrar a adoção da tinta digital para o ensino nos cursos de engenharia [7], na análise cognitiva da escrita [30], na análise de desenhos poligonais relacionados à capacidade de escrita [45], entre outros. Isto vem sendo feito de maneira incremental em testes automatizados que envolvem múltipla escolha ou redação de textos [42]. Não somente restrito à educação, também são encontradas pesquisas sobre o uso de tinta digital como auxiliar na comunicação instantânea [20], complemento para auxiliar desenvolvedores de software através do plug-in que integra tinta digital na IDE Visual Studio 2010 e permite ao sujeito realizar comentários no código de programação [43], etc. Geralmente estas aplicações utilizam a tecnologia somente por fornecer um ambiente familiar (próximo do lápis e papel). Em outros casos ela serve de apoio para gerar um detalhamento de informações que posteriormente podem ser analisadas. Vale salientar que a tinta digital pode ser armazenada em formatos específicos, que detalham todo o caminho percorrido pelo sujeito, mas também pode ser armazenada em formato de imagem onde é possível ver somente o produto final.

No entanto, existem testes, especialmente na área de psicologia, onde a avaliação é feita através de rabiscos ou desenhos. Desenho e escrita são formas de representar o pensamento humano, o que os torna objetos de análise por parte dos pesquisadores. Há diversos estudos na área da psicologia cognitiva que ligam a função cerebral e a capacidade de aprendizagem às características de um desenho. Em [52], existe uma associação de desenho feito por crianças de diferentes países com a capacidade de escrita e de aprendizagem. Em [40] é apresentado um teste com idosos, onde os mesmos devem realizar desenhos de relógios e em seguida é possível analisar comportamentos em geral. Estes são apenas alguns dos muitos testes psicológicos envolvendo traços e desenhos. Dada a complexidade de lidar com desenhos, estes testes são normalmente realizados usando lápis e papel.

Este trabalho tem como objetivo analisar as possibilidades que a tinta digital oferece para a automatização deste tipo de teste envolvendo traços e desenhos. Neste sentido, foi desenvolvida uma ferramenta que captura, armazena e reproduz desenhos feitos usando tinta digital. Esta ferramenta possibilita que testes de desenho feitos usando lápis e papel possam ser automatizadas de maneira direta, isto é, transferindo o meio de escrita do papel para o digital, com a vantagem de ser possível armazenar não somente o desenho final, mas todo o processo do desenho, além de outras informações como tempo decorrido e correções realizadas. O segundo passo na automatização dos testes é possibilitar uma análise (correção) dos dados armazenados para permitir uma avaliação automática como é feito nos testes de múltipla escolha e, em uma escala menor, com textos. Esta não é uma tarefa trivial. A análise de desenhos é uma tarefa complexa, na

maioria das vezes bem específica, que ainda é alvo de diversas pesquisas [1, 16]. Assim, como vem sendo feito com a análise da escrita, optou-se por iniciar com a análise de desenhos simples, e limitar esta pesquisa a desenhos com traços retos. Vale ressaltar que vários testes utilizam esta forma de representação, o que justifica o trabalho desenvolvido. Para verificar a validade da proposta, foi implementada a análise automática de traços feitos dentro de um teste de Pensamento Computacional, onde o sujeito deve traçar um percurso dentro de um mapa seguindo instruções do tipo GPS. A análise da tinta digital armazenada na ferramenta de captura permite verificar se o sujeito percorreu corretamente o mapa de acordo com as instruções, e quando o sujeito erra, a ferramenta informa o tipo de erro cometido, gerando ao final um relatório.

1.1 Motivação

As máquinas tem evoluído seu poder computacional de forma progressiva. Por volta da década de 70 a lei de Moore começou a entrar em prática. Moore, em [32], fez a profecia que o número de transistores dos chips teriam aumento de 100% a cada período de 18 a 24 meses, mantendo o mesmo custo e espaço. O impacto deste crescimento refletiu, e tem refletido, diretamente em novas tecnologias e uma nova visão dos computadores, aumentando a capacidade de processamento e tornando novas tecnologias acessíveis.

Atualmente uma parcela significativa da população está tendo acesso à tecnologia. Computadores pessoais e celulares inteligentes já são parte da rotina de algumas pessoas. Aplicações estão sendo desenvolvidas para proporcionar facilidade na comunicação, lazer, entretenimento, etc. Enquanto isso, pesquisadores continuam trabalhando à procura de novas descobertas, para facilitar a vida do ser humano.

Assim como a evolução da inteligência computacional aproxima o estilo da máquina trabalhar com o modo do ser humano agir, o desenvolvimento do hardware proporciona uma proximidade cada vez maior do tecnológico com o tradicional. Uma máquina, que antes era vista como um emaranhado de cabos e peças, hoje já consegue ser reduzida ao estilo de um folha de papel, com telas sensíveis ao toque, permitindo uma escrita livre.

A psicologia e a educação são duas grandes áreas que lidam diretamente com o ser humano e dependem da interação com estes para poderem desenvolver seu trabalho. Assim, estão sempre procurando novas técnicas e tecnologias para melhorar a forma de comunicação e interação com seu público alvo. A evolução na área tecnológica pode mudar conceitos e atividades utilizados por décadas. Por exemplo, na educação o uso de tablets e computadores vêm mudando o método de avaliação de estudantes, permitindo avaliações automatizadas. Na psicologia, a tecnologia tem trazido novas formas de coleta

de dados incluindo *eye tracking* [2], gravação de vídeos (exploração dos frames) [14], entre outros.

Tendo em vista que uma máquina já consegue criar um ambiente de escrita equivalente ao lápis e papel usado tradicionalmente, e que as informações geradas neste ambiente podem ser armazenadas e processadas de forma detalhada, este trabalho procura estender este potencial tecnológico para o uso na análise de traços e desenhos.

1.2 Objetivos

Analisando em um modo geral, hoje é possível encontrar testes ou avaliações, no âmbito da escrita, de pelo menos quatro estilos. Existem os testes de múltipla escolha onde o sujeito tem uma ou mais alternativas como resposta de uma questão. Também existem os testes escritos, ou dissertativos, onde o sujeito deve escrever um texto que será avaliado. Existem ainda os testes que envolvem traços, onde o sujeito deve ligar pontos, percorrer mapas ou labirintos, ou até mesmo fazer uma sequência de traços. Por último existem os testes que os sujeitos devem fazer desenhos e estes são posteriormente avaliados.

Avaliações ou testes que envolvem questões de múltiplas escolhas e dissertativas já possuem várias aplicações que dão suporte. Por exemplo, o Google Docs [18], ferramenta desenvolvida pela empresa Google, permite que um usuário crie formulários e colete informações, podendo auxiliar em pesquisas de diferentes ramos. Também o Moodle [46], ferramenta muito utilizada na educação a distância, possui módulos que permitem ao tutor criar avaliações com questões de múltipla escolha e dissertativas. Também no Moodle é possível criar questionários para coletar informações, podendo ser úteis em pesquisas educacionais.

Ainda sobre a ferramenta Moodle, o tutor pode criar o gabarito das questões, tanto de múltipla escolha quanto questões abertas, desde que sejam de respostas curtas, e a ferramenta possui a capacidade de corrigir e calcular uma nota de acordo com o peso atribuído em cada questão, o que diminui o trabalho do tutor e aumentando a qualidade da educação a distância. Para realizar a correção automática das respostas curtas, o tutor tem um trabalho maior na criação do gabarito para não haver risco de gerar uma resposta incorreta pelo fato de, por exemplo, deixar de utilizar uma preposição [47]. Observa-se que a avaliação de textos mais complexos de maneira automática ainda é alvo de pesquisas.

Com os exemplos citados anteriormente é possível notar que já existem algumas ferramentas que cobrem testes cuja avaliação envolvem exclusivamente o conteúdo do texto e / ou questões de múltipla escolha. Também é possível notar que estas ferramentas são utilizadas em grande escala. Porém, os testes não se limitam somente a questões

de escrita, sendo que, principalmente na psicologia, o desenho ou traços são de grande importância para uma avaliação.

A tinta digital, já presente há alguns anos no dia a dia das pessoas, pode apresentar soluções para questões que não envolvem somente o conteúdo do texto, mas onde a forma livre é essencial para o resultado. Em outras palavras, a tinta digital pode ser essencial na implementação de avaliações que ainda são feitas no papel pela importância do desenvolvimento do desenho, ou somente dos traços, na hora da correção.

O objetivo deste trabalho é usar a tinta digital para capturar, armazenar e avaliar o caminho percorrido pelo sujeito em avaliações que envolvem traços. A escolha de tinta digital é devido ao fato dela trazer um ambiente confortável, dando a sensação de utilizar um lápis e papel comum [50] o que deixa o utilizador com uma experiência familiar, durante o processo de avaliação.

A fim de atingir o objetivo citado anteriormente, alguns objetivos específicos foram definidos, sendo eles:

- Análise de trabalhos relevantes sobre tinta digital, juntamente com as tecnologias existentes;
- Análise de avaliações feitas usando desenhos e/ou traços para identificar requisitos destas aplicações ;
- Implementação de uma ferramenta com o uso de tinta digital para a captura, armazenamento e reprodução de desenhos;
- Uso da aplicação implementada para verificar a viabilidade da análise automática dos dados armazenados;
- Análise dos resultados obtidos e conclusões.

1.3 Metodologia

A seguir estão descritos os materiais e métodos desta pesquisa, estruturados cronologicamente:

- **Fundamentação teórica:** A primeira etapa do trabalho compreendeu em uma fundamentação teórica. Neste momento foram realizadas várias pesquisas utilizando palavras-chave relacionadas ao trabalho, por exemplo tinta digital, tablet pc, avaliações e testes psicológicos. Foram abordadas pesquisas em inglês e português no intuito de familiarização com os conceitos, busca de tecnologias e delimitação do tema. Profissionais da área de psicologia também foram consultados a respeito de testes envolvendo desenhos e traços. Eles forneceram uma lista destes testes que também serviram como fonte para as pesquisas realizadas.

- **Estado da arte:** Após a escolha do tema, foi realizado o estado da arte. Foram levantados os trabalhos mais relevantes, a partir de uma pesquisa nas principais bases de busca de artigos científicos. Os trabalhos mais recentes (Considerando trabalhos a partir de 2010) e de revistas na área da computação e psicologia tiveram maior relevância. A seguir uma relação das bibliotecas online, de busca de artigos científicos, que foram utilizadas para compor este trabalho.
 - ACM Digital Library (<http://dl.acm.org/>)
 - IEEE Xplore Digital Library (<http://ieeexplore.ieee.org/>)
 - Science Direct (<http://www.sciencedirect.com/>)
 - Springer Link (<http://link.springer.com/>)
 - Web of science (<https://www.webofknowledge.com/>)

Muitos trabalhos apresentaram o uso da tinta digital, principalmente de 2007 a 2009, a maioria deles para ambientes educacionais. A string utilizada para a busca nas bases de dados foi: ("wacom" or "digital ink") and (Assessment or test or psycholog*) and (evaluat* or analyses) and not printer and (handwriting or drawing). Foram eliminadas buscas com o termo "printer" pois eram relacionados à tinta de impressora. Foi acrescentado, junto ao termo "digital ink", o termo "wacom", que corresponde às mesas digitalizadoras, pois nem sempre utilizavam o termo tinta digital na pesquisa, porém possuíam trabalhos que serviram de base para auxiliar nesta pesquisa.

A revisão bibliográfica para compor os trabalhos relacionados desta pesquisa procurou resultados a partir de 2008 e tentou focar somente na tinta digital. Ao todo foram retornados 54 trabalhos que envolviam tinta digital e avaliações, sem distinguir se eram repetidos ou não. Dos 54 trabalhos que envolviam tinta digital, somente dois trabalhos([31], [17]) foram considerados relevantes. Ao ampliar a busca por mesas digitalizadoras, já que estas fornecem recursos próximos ao encontrados em padrões de tinta digital, foram encontrados mais alguns trabalhos que forneciam recursos para análise de escrita e desenhos. Dos trabalhos encontrados, foi selecionado somente um pois todos possuíam soluções parecidas, não trazendo grandes vantagens.

Com a busca foi possível visualizar uma gama de aplicações, principalmente ambientes de aprendizagem, que trabalham com tinta digital, porém um número muito limitado de trabalhos fazem uma exploração dos detalhes da tinta, e dentro dessa pequena porcentagem de trabalho, apenas três trabalhos foram considerados relevantes no aspecto de explorar a tinta, de forma detalhada, tais como análise do traço, pressão, tempo, posições, etc.

- **Implementação da ferramenta:** Foi desenvolvida uma ferramenta para automatizar a captura, o armazenamento e a reprodução de desenhos, e testar as funcionalidades.

dades e limitações da tinta digital. Esta ferramenta genérica permite ao avaliador a aplicação de testes em grande escala e maior flexibilidade na correção, permitindo que o processo de realização do teste possa ser revisto quantas vezes for necessário, com mais detalhes, e possível partilha com outros avaliadores. Posteriormente foi desenvolvida uma segunda parte da ferramenta, neste caso mais específica, para verificar a viabilidade de correção automática destes testes através da análise da tinta digital. Foi realizado um estudo de caso com foco em avaliações realizadas usando traços simples. Para o desenvolvimento da ferramenta, foram consultados vários sites com tutoriais que contribuíram para o trabalho, fornecendo trechos de códigos e bibliotecas que permitiam o uso da tecnologia de tinta digital.

- **Validação da ferramenta:** A ferramenta foi usada por alunos de computação e profissionais da área de psicologia. Nesta fase o intuito foi descobrir as inconsistências da ferramenta e receber um *feedback* a respeito da tecnologia utilizada.
- **Avaliação dos resultados:** A partir dos dados gerados, tanto por profissionais quanto por estudantes, através de questionários, foi realizada uma análise dos resultados da pesquisa.
- **Escrita:** Foram publicados três artigos em anais de congressos nacionais e internacionais ([3], [35], [34]), que apresentaram a ferramenta em diferentes etapas, e permitiram a avaliação do trabalho realizado por profissionais e pesquisadores da área, contribuindo para aprimorar a pesquisa. Por fim, foi escrita a dissertação como trabalho final.

1.4 Organização da Dissertação

No capítulo 2 há uma apresentação geral da tinta digital. Este capítulo faz uma abordagem da tinta digital, explicando inicialmente o que é e onde está presente, em seguida faz uma análise das características dela. A seguir, o capítulo foca nos principais formatos de armazenamento da tinta, sendo eles: O InkML (Ink Markup Language) e o ISF (Ink Serialized Format).

O capítulo 3 apresenta alguns testes psicológicos que envolvem traços ou desenhos completos para sua realização, e que representam casos em que este estudo tem aplicação. O capítulo está dividido em três partes, onde a primeira parte envolve os testes mais simples onde o sujeito deve fazer somente traços simples. A segunda parte explora testes que exigem do sujeito algum desenho mais complexo, envolvendo figuras geométricas, desenho de pessoas, entre outros. Ao final do capítulo é apresentada uma terceira parte discutindo as duas seções, fazendo um breve resumo do que foi apresentado, focando principalmente na forma de realização de cada teste.

O capítulo 4 traz uma breve descrição dos trabalhos recentes e mais relevantes relacionados ao uso da tinta digital em testes e avaliações. No total foram apresentados três trabalhos ligados a testes e avaliações. O capítulo, além de apresentar os trabalhos relevantes, faz um comparativo entre eles e apresenta uma tabela como esquema visual da comparação, levando como fatores as ferramentas tecnológicas utilizadas para a implementação da tinta digital. Tiveram somente três trabalhos relacionados, pois a pesquisa restringiu a tecnologia da tinta digital, a captura de dados e a análise dos dados para avaliação do sujeito.

No capítulo 5 é apresentada a implementação das aplicações desenvolvidas na pesquisa. São apresentadas as decisões tomadas com relação ao padrão utilizado para o armazenamento da tinta digital, a linguagem na qual a ferramenta foi implementada, as bibliotecas mais importantes para o sucesso das aplicações e alguns trechos de códigos necessários para o entendimento geral das funcionalidades.

O capítulo 6 apresenta as aplicações desenvolvidas utilizando tinta digital. A primeira parte do capítulo apresenta a ferramenta geral desenvolvida como suporte para a captura, armazenamento e reprodução de desenhos. Em seguida é apresentada a ferramenta desenvolvida para análise dos dados do teste do pensamento computacional. Neste momento a ferramenta, além de capturar, armazenar e reproduzir, também foi capaz de analisar os traços e dar um *feedback*, informando se a operação realizada pelo sujeito estava correta ou não. Neste capítulo também encontram-se os resultados das avaliações feitas por alunos e psicólogos.

Por último, o capítulo 7 apresenta a análise dos resultados e as conclusões do trabalho. O capítulo apresenta as dificuldades encontradas, focando principalmente nas limitações das ferramentas. Ao final, o capítulo apresenta possíveis trabalhos futuros que podem originar desta pesquisa.

Tinta Digital

Presente em vários dispositivos, como Tablet PCs, *smartphones* e câmeras, a tinta digital é uma tecnologia que vem crescendo nos últimos anos. Através de uma caneta digital, ou até mesmo o dedo, um sujeito pode realizar esboços e escritas sobre um tela sensível ao toque ou papel comum (caso a captura seja feita por uma caneta eletrônica), sendo que as informações geradas podem ser armazenadas em determinados formatos suportados por esta tecnologia.

A tinta digital, por proporcionar um comportamento parecido com o lápis e papel convencional, surgiu como uma nova interface de interação humano-computador. Algumas escolas já adotam a tinta digital como auxiliar na educação dos alunos. Nestas escolas, os estudantes possuem tablets e os mesmos podem fazer anotações em textos e até resolver problemas matemáticos utilizando a tinta digital como ferramenta [48].

Este capítulo fará uma breve descrição sobre os dispositivos que fazem uso da tinta digital, dando um foco maior nos Tablets PCs, em seguida apresentará formatos existentes para o armazenamento da mesma.

2.1 Dispositivos

Como citado no começo deste capítulo, é possível encontrar e trabalhar com tinta digital em vários dispositivos distintos, desde câmeras digitais e outros aparelhos eletrônicos mais básicos, até em tablets e computadores.

Em geral, os dispositivos que contém tela sensível ao toque, e, por consequência, tecnologia de tinta digital, possuem um hardware especial que captura os movimentos do usuário sobre a tela, e, de forma instantânea gera o rabisco em cima da mesma. Além do movimento, também são capturadas outras características da tinta, como: pressão, cor, espessura e formato da ponta (por exemplo, circular ou quadrada).

Atualmente a difusão de tablets e smartphones tomaram grande proporção. Apresentados em três Sistemas Operacionais (Windows, IOS e Android), os dispositivos fazem quase tudo que um computador convencional propõe fazer e possuem um hardware de grande potência. Porém o foco desta seção será o Tablet PC já que este será o hardware

utilizado no projeto. A escolha deve-se ao fato do Instituto de Informática da UFG possuir diversos equipamentos deste tipo que poderão ser usados na aplicação e validação da ferramenta desenvolvida. Vale ressaltar que apesar dos sistemas não serem compatíveis, é possível implementar a ferramenta proposta nos outros sistemas operacionais. Uma versão da ferramenta genérica para a captura e reprodução de desenhos foi desenvolvida para Android pelo aluno Frederico Silva Modes dentro de seu projeto final de conclusão "Automatizando o Teste da Figura Complexa de Rey para Android"[28].



Figura 2.1: Modelo de Tablet PC da marca Dell

Os Tablets PCs tiveram uma rápida ascensão entre 2000 e 2010 com a proposta de um computador portátil convencional que poderia ser transformado em tablet. Possuindo uma caneta e tela sensível ao toque, que permitiam girar para maior comodidade quando estivesse explorando o modo de tablet (figura 2.1), os Tablets PCs promoveram grandes avanços na exploração da tinta digital, com o apoio da Microsoft, dando suporte através do sistema operacional Windows.

Algumas pesquisas levantadas mostraram que sujeitos avaliados por testes desenvolvidos para o Tablet PC demonstraram um *feedback* positivo com relação a capacidade de simular o uso do lápis e papel convencional. A ferramenta "MyTest"[42] é um exemplo. Ela permite que questões abertas e fechadas sejam colocadas para serem respondidas por estudantes (figura 2.2) usando tinta digital. Na intenção de avaliar a ferramenta e o uso do Tablet PC, 67 estudantes foram submetidos a uma avaliação usando a aplicação e ao final tiveram que responder um mini questionário de 12 questões. Segundo os pesquisadores, o uso do Tablet PC na realização da avaliação informatizada teve um bom *feedback* e transmitiu confiança para os sujeitos avaliados. Além da eficiência nas correções de questões fechadas, a tinta digital trouxe a familiaridade do lápis e papel para as questões abertas. Feito um comparativo entre o Tablet PC e o uso de computador tradicional, os Tablets PCs foram melhor recomendados no que tange a ferramenta MyTest [42].

Com a popularização dos tablets, algumas empresas, como é o caso da Microsoft, apostam na modernização dos conceitos introduzidos pelo Tablet PC. O Microsoft

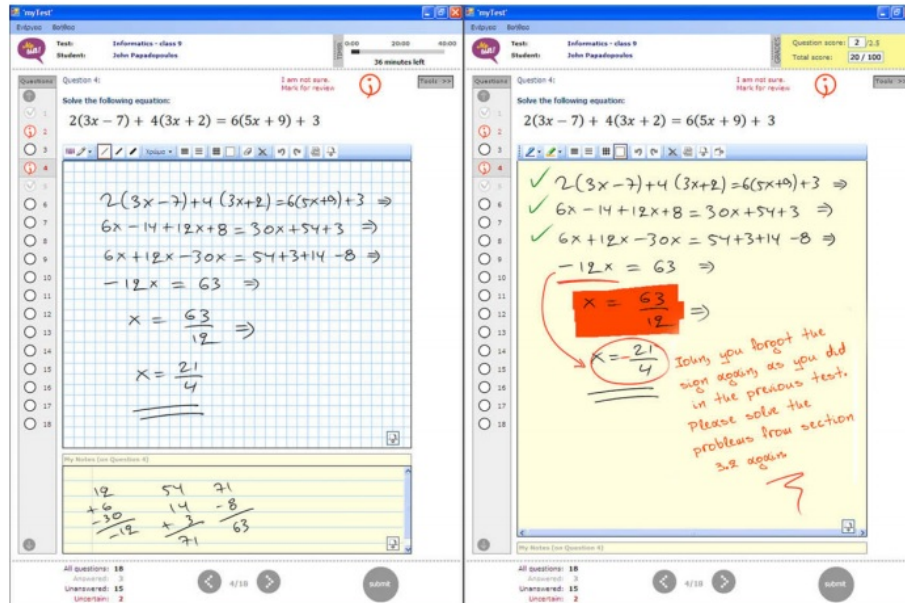


Figura 2.2: Interface do MyTest (Lado esquerdo: Aluno. Lado direito: Professor) [42]

Surface, por exemplo, é um computador portátil que se transforma em Tablet. Atualmente com o Windows 8, o Microsoft Surface possui uma interface agradável para um tablet e não deixa a desejar quando usado como computador convencional [25].

O trabalho com Tablet PC é interessante pelo suporte dado pelo sistema operacional Windows à tinta digital e também por possuir uma caneta juntamente com uma tela sensível ao toque que permite simular a escrita de forma livre em papel. Porém, a tinta digital também pode ser explorada por outros dispositivos que não sejam os Tablets PCs. É possível desenvolver aplicações do tipo web, independente de hardware e software, usando um navegador de internet para o funcionamento da aplicação, como é o caso do trabalho de Giordano e Maiorana [17]. O capítulo 4 abordará alguns trabalhos, formas de implementação e os tipos de dispositivos utilizados.

2.2 Formatos da tinta digital

Dois principais formatos de arquivo foram desenvolvidos para representar a tinta digital: O InkML (Ink Markup Language), padrão desenvolvido pela W3C, e o ISF (Ink Serialized Format), desenvolvido pela Microsoft. Também é possível encontrar trabalhos onde a tinta digital é armazenada no formato SVG (*Scalable Vector Graphics*) [15], como por exemplo o InkScape [5]. A seguir serão detalhadas algumas especificações do InkML e do ISF. Não serão abordados os detalhes do SVG, pois, apesar de ser possível armazenar dados da tinta digital, não é um formato específico para tal atividade, não tendo uma documentação especificando seu uso como armazenamento de tinta.

2.2.1 ISF

O arquivo ISF, na sua forma geral, é dividido em 4 partes. A primeira parte apresenta a versão do arquivo. Em seguida, como segunda etapa, vem o tamanho, em bytes, do trecho que está sendo trabalhado. A terceira etapa corresponde a lista das propriedades globais da tinta. Por último são apresentadas as listas de *strokes*. Cada *stroke* contém o tamanho em bytes, a quantidade de pontos, as coordenadas X e Y, a pressão que foi colocada para determinar o traço, entre outros [12]. A tabela 2.1 apresenta um exemplo simples de organização do arquivo ISF, omitindo as propriedades globais.

Arquivo ISF	Definição
0	WISP ISF de versão 1.0
cbInkObject	Tamanho do fluxo em bytes das TagSTROKE seguintes
TagSTROKE	Tag para a Stroke
cbStroke	Tamanho da Stroke em bytes calculada através dos cPoints
cPoints	Quantidade de pontos nesta Stroke
X Data	Coordenadas X
Y Data	Coordenadas Y
TagSTROKE	Tag para a Stroke
cbStroke	Tamanho da Stroke em bytes calculada através dos cPoints
cPoints	Quantidade de pontos nesta Stroke
X Data	Coordenadas X
Y Data	Coordenadas Y

Tabela 2.1: Exemplo simples de ISF [12]

No exemplo da tabela 2.1, cada *Stroke* contém apenas as informações das coordenadas X e Y, ou seja, não há propriedades adicionais (por exemplo, pressão). Esta estrutura apresentada é a forma mais simples de um arquivo ISF, sendo assim, a renderização geraria esta tinta com os atributos padrões de desenho (Cor preta, estilo bola, etc.) [12]. Os *strokes* são as partes fundamentais no arquivo ISF. Eles contêm os dados importantes que dizem respeito ao traço, como dito anteriormente, e que torna cada um individual em um arquivo. Por exemplo, se ao desenhar um triângulo, o sujeito realiza três traços com atributos distintos, cada um destes traços terão suas propriedades individuais descritas no arquivo e com um código para referenciar.

Uma representação mais completa do arquivo .ISF seria acrescida, por exemplo, informações da largura e cor da caneta, tipo de pressão exercida, orientação de altitude, entre outras. As informações no arquivo são de extrema importância para a renderização do mesmo.

Detalhes quanto a implementação, bem como seu uso do ISF, podem ser obtidos em [12]. Uma das principais vantagens na utilização do ISF para o armazenamento da tinta digital é o suporte da Microsoft, proprietária do padrão. Assim, as ferramentas

que auxiliam na implementação deste padrão também são de propriedades da Microsoft, podendo ser uma limitação em alguns trabalhos.

2.2.2 InkML

Desenvolvido pela W3C, o InkML foi criado como forma de padronizar o armazenamento da tinta digital. Os formatos até então existentes não possuíam um padrão e eram proprietários, dificultando o trabalho dos fornecedores e hardware e software [50].

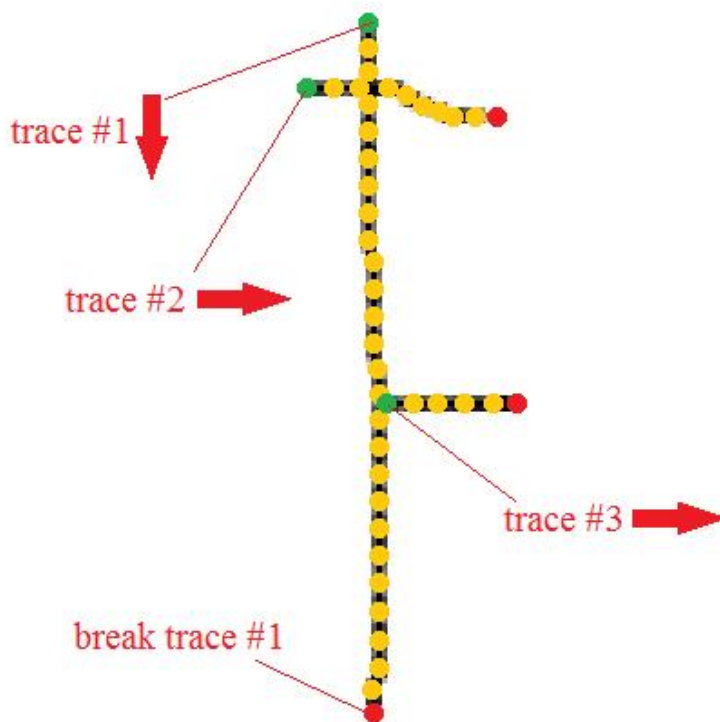


Figura 2.3: Exemplo de processamento de um registro InkML.

O InkML é um padrão completo para trabalhar com tinta digital. Ele fornece parâmetros para gravar informações do hardware, posição da caneta ao longo do percurso e informações da tinta digital, para, caso seja necessário restaurar o desenho original, as informações do desenho original permaneçam na reprodução. Sendo assim, até detalhes referentes à largura da caneta, pressão e cor são armazenados em um arquivo InkML.

Código 2.1 Código em InkML

```

1 <ink>
2   <definitions>
3     <traceFormat id="tf0">
4       <channel name="X" type="DECIMAL" max="1366" min="0"
5         orientation="+ve" units="dev" />
6       <channel name="Y" type="DECIMAL" max="768" min="0"
7         orientation="+ve" units="dev" />
8     </traceFormat>
9     <brush id="br1">
10      <annotationXML>
11        <color>Black</color>
12        <width>53</width>
13        <transparency>0</transparency>
14        <antialiased>True</antialiased>
15        <fittocurve>False</fittocurve>
16        <height>1</height>
17        <ignorePressure>False</ignorePressure>
18        <pentip>Ball</pentip>
19      </annotationXML>
20    </brush>
21    <context id="ctx2" brushRef="#br1" traceFormatRef="#tf0" />
22  </definitions>
23  <trace brushRef="#br1" contextRef="#ctx2">30 7 ,30 8 ,30 10
24    ,30 11 ,30 13 ,30 14 ,30 16 ,30 17 ,30 19 ,30 20 ,30 22
25    ,30 25 ,30 28 ,30 30 ,30 30 ,30 31 ,30 32 ,30 33 ,30 36
26    ,30 41 ,30 43 ,30 46 ,30 47 ,30 47 ,30 48 ,31 52 ,31 57
27    ,31 58 ,31 61 ,31 64 ,31 68 ,32 73 ,32 78 ,32 83 ,32 85
28    ,32 86 ,32 87 ,32 89 ,32 93 ,32 98 ,32 101 ,32 102 ,32 103
29    ,32 105 ,32 106 ,32 110 ,32 113 ,32 115 ,32 118 ,32 119
30    ,32 120 ,32 122 ,32 124 ,32 125 ,32 126 ,32 126 ,32 127
31    ,31 128 ,31 129 ,31 129 ,31 130 ,31 130 ,31 132 ,31 132
32    ,31 131 </trace>
33  <trace brushRef="#br1" contextRef="#ctx2">19 19 ,20 19 ,21 19
34    ,22 19 ,23 19 ,24 19 ,25 19 ,27 19 ,27 19 ,28 19 ,28 19
35    ,30 19 ,31 19 ,32 19 ,32 19 ,33 19 ,34 19 ,35 19 ,35 19
36    ,36 19 ,37 21 ,38 21 ,38 21 ,39 21 ,39 21 ,39 22 ,41 22
37    ,41 22 ,42 23 ,42 23 ,44 23 ,44 24 ,45 24 ,45 24 ,46 24
38    ,46 24 ,47 24 ,47 24 ,48 24 ,49 24 ,50 24 ,51 24 </trace>
39  <trace brushRef="#br1" contextRef="#ctx2">34 77 ,34 77 ,35 77
40    ,37 77 ,38 77 ,39 77 ,40 77 ,40 77 ,41 77 ,42 77 ,42 77
41    ,43 77 ,43 77 ,44 77 ,44 77 ,45 77 ,46 77 ,46 77 ,47 77
42    ,47 77 ,48 77 ,49 77 ,49 77 ,50 77 ,50 77 ,51 77 ,51 77
43    ,52 77 ,53 77 ,53 77 ,54 77 ,54 77 </trace>
44 </ink>

```

Seguindo o padrão das linguagens de marcação, no InkML os dados são apresentados utilizando um conjunto de elementos primitivos inseridos dentro de uma raiz chamada `< ink >`. Os dados principais são armazenados em *tags* chamadas `< trace >`. Cada `< trace >` contém as coordenadas separadas por vírgula formando os pontos (X Y). Cada ponto (X Y) representa a posição da caneta em relação à origem (0 0), localizada no canto superior esquerdo da tela. Os pares de coordenadas são adicionados ao traço durante um intervalo uniforme de captura e até o ponto em que a caneta é retirada. Assim, todo novo toque na tela com a caneta, adiciona uma nova `< trace >` e armazena os pontos com suas coordenadas [50]. O código 2.1 mostra um exemplo de um arquivo InkML.

A *Tag* `< brush >` representa os atributos do desenho. é possível encontrar nesta *tag* a cor, o tipo e a largura da caneta. Em um único arquivo é possível encontrar várias *tags* `< brush >` e cada uma representará uma característica do traço.

Analisando com mais detalhes o código 2.1, pode-se observar que os traços possuem cor preta, a largura de 53 mm, não possui transparência e dá importância a pressão exercida. Também nota-se que a caneta que compôs a figura foi configurada com a ponta redonda como propriedade (*pentip*). O arquivo possui um total de três traços, levando em consideração que um traço é um caminho que o sujeito percorre sem afastar a caneta da tela do tablet. Todos os traços possuem a mesma propriedade (*br1*). A tela possui dimensão 1366 x 768 e o desenho está distribuído dentro deste espaço. A figura 2.3 é uma representação esquemática de um desenho simples reproduzido conectando os pontos do código 2.1.

O código 2.1 carece de algumas informações que também podem ser armazenadas em um arquivo InkML. A altura da caneta em relação à superfície de escrita aparece em alguns documentos InkML como a coordenada Z, além das coordenadas X e Y. O tempo gasto para realizar o trabalho também é possível de ser armazenado, sendo que o número apresentado está em milissegundos. Estas, e outras propriedades, ajudam a formar um arquivo completo para o armazenamento da tinta digital.

O InkML, por ser um padrão definido pela W3C, pode suportar implementações em qualquer linguagem, seu arquivo tem ampla informação da tinta digital, é fácil de manipular e de fácil entendimento. O arquivo InkML também permite o acréscimo de informações extras no formato XML em uma *tag* chamada `< annotationXML >`. O contrário também pode ocorrer, sendo os dados de um InkML incorporados em um arquivo XML

2.3 Análise dos padrões

Os dois padrões apresentados possuem vantagens particulares. O ISF tem todo um suporte garantido pela empresa Microsoft e possui sua distribuição gratuita, diferente

de outros produtos da mesma empresa. Do outro lado surge o InkML seguindo os padrões de uma linguagem de marcação, permitindo fácil manipulação, porém possuindo um suporte menor para sua implementação.

O InkML e o ISF garantem o armazenamento da tinta digital, juntamente com suas propriedades. A edição da cor, tamanho e formato do traço não diz respeito ao padrão e sim a implementação da tinta digital em diferentes hardwares. Sendo assim, independente do padrão escolhido para o armazenamento, as propriedades visuais não serão afetadas.

No InkML é possível armazenar algumas propriedades extras da tinta digital. Por exemplo, o InkML possui capacidade de armazenamento de tempo, o que não é possível encontrar nas propriedades do ISF. Já o ISF, utilizando o Visual Studio, possui algumas ferramentas para trabalhar de forma simples. Por exemplo, armazenar um arquivo .ISF é feito com um simples comando, já que a IDE possui os recursos que capacitam o uso da mesma.

O InkML segue um padrão de linguagem de marcação e pode ser visualizado por qualquer programa que consegue carregar um arquivo deste tipo de formato (por exemplo o XML). Assim como a visualização, a manipulação destes arquivos também é permitida por ferramentas que manipulam qualquer tipo de linguagem de marcação. A visualização e manipulação do arquivo no ISF nem sempre tem essa facilidade, necessitando de propriedades particulares para realização estes processos.

É possível concluir que a escolha do padrão para o armazenamento da tinta digital depende de um conjunto de fatores a ser avaliado, como a linguagem de programação que será usada no desenvolvimento da ferramenta, a familiaridade com recursos de programação que envolvem linguagens de marcação, etc. No capítulo 5 é apresentado o padrão escolhido para este trabalho, e a justificativa desta escolha.

Testes Psicológicos

A psicologia é uma ciência ampla que estuda o comportamento humano em geral. Parte deste estudo é feito utilizando testes das mais variadas formas. Neste capítulo serão discutidos alguns testes psicológicos cujas atividades envolvem desenhos, desde simples traços até figuras complexas, e cuja aplicação, na maioria das vezes, é feita utilizando lápis e papel. Os testes apresentados possuem um certo padrão para a correção e, deste modo, espera-se que uma ferramenta utilizando tinta digital seja capaz de facilitar operações envolvidas na aplicação e correção dos mesmos.

O capítulo, dividido em três seções, faz uma breve abordagem sobre a aplicação de cada um dos testes, explorando na sua primeira parte os mais simples, que utilizam apenas traços, e em seguida os mais complexos, que envolvem o desenho de uma forma completa. Finaliza com uma discussão dos testes apresentados.

3.1 Testes de traços simples

Nesta seção serão discutidos os testes que utilizam traços simples, geralmente retas, para sua realização. Nestes casos, os traços não formam desenhos, mas sim ligam dois pontos em um plano. Primeiro são discutidos os testes de labirinto, apresentando, como exemplo, os labirintos de Porteus. Em seguida são apresentados os testes de Trilhas que envolvem traços para a ligação de pontos e por último o teste do Pensamento Computacional que exige o uso de traços para percorrer um mapa.

3.1.1 Testes de labirinto

Alguns testes psicológicos utilizam labirintos, que o sujeito, na maioria das vezes criança, devem percorrer. Os labirintos são usados para avaliação desde o começo do século XX, como pode ser observado em [36]. Os percursos são traçados por dentro dos labirintos à procura da cavidade aberta que representa a saída. Existem vários testes que utilizam desta técnica, como é o caso dos labirintos de Porteus [36], e o subteste

de labirinto do WISC-III [51]. Estes testes avaliam o processamento cognitivo, e sua aplicação é feita de forma tradicional, através de lápis e papel convencional.

A figura 3.1 apresenta um exemplo de teste do labirinto onde a letra S significa o início e o indivíduo deve procurar uma cavidade aberta para sair.

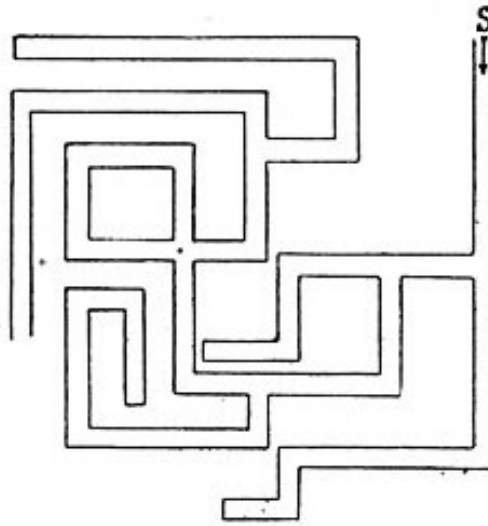


Figura 3.1: Exemplo de teste do labirinto.

Atualmente o WISC-III, terceira edição da escala de inteligência Wechsler para crianças, apresenta um subteste que também utiliza labirinto na sua aplicação. Este subteste examina a capacidade de antecipação e de planificação. As crianças mais jovens, que sofrem de dispraxia motora, apresentam dificuldades na realização desta tarefa [41].

3.1.2 Teste de trilhas

O Teste de Trilhas (*Trail Making Test*), assim como o teste de Porteus, tem relatos de aplicação no começo do século XX [6, 4]. Este tipo de teste foi usado inicialmente em soldados durante a guerra. Hoje sua aplicação é mais vasta, sendo aplicado inclusive em idosos [49].

Para a realização do teste de trilhas, tradicionalmente o sujeito é posto diante de uma folha de papel com círculos numerados e/ou com letras. A primeira parte (TMT-A) consiste em ligar, em ordem crescente, números dispersos em uma folha 3.2. Já a segunda parte (TMT-B) consiste em ligar, alternadamente, números e letras, em ordem crescente e alfabética, respectivamente. O sujeito deve utilizar um lápis e, geralmente, há um profissional acompanhando a aplicação. Também tem um cronômetro que marca o tempo que o sujeito demora para ligar os pontos, sendo que este tempo é ininterrupto. Mesmo quando o sujeito erra e é informado pelo profissional, o cronômetro deve continuar rodando [49].

O teste de trilhas procura avaliar a capacidade cognitiva do sujeito através da análise dos resultados obtidos, correlacionando o tempo gasto para a realização das tarefas com fatores relevantes como por exemplo a idade.

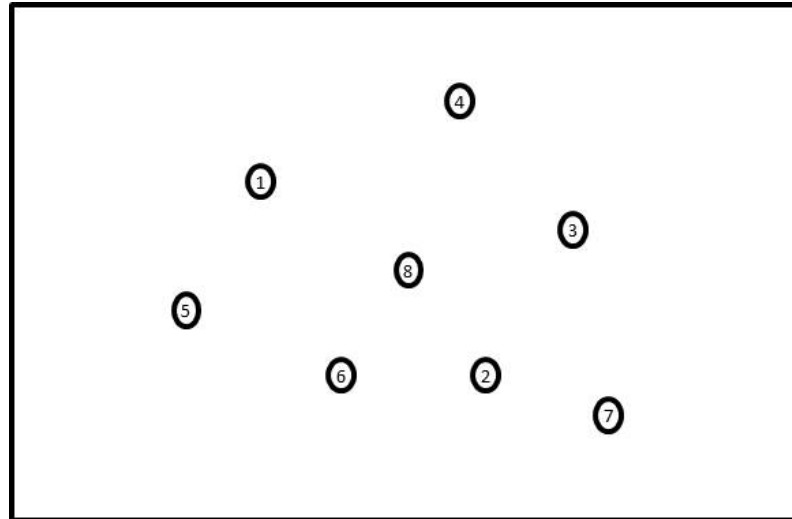


Figura 3.2: Exemplo para um possível teste de trilhas

3.1.3 Teste do pensamento computacional

O teste do Pensamento Computacional, ainda em estágio de avaliação, tem como objetivo analisar os processos cognitivos associados ao pensamento computacional [3], que se refere aos processos de pensamento envolvidos na formulação de problemas e suas soluções de forma que estas soluções possam ser eficazmente realizadas por um agente de processamento de informação [13]. Isto é, os processos cognitivos associados à definição de algoritmos e programas de computadores.

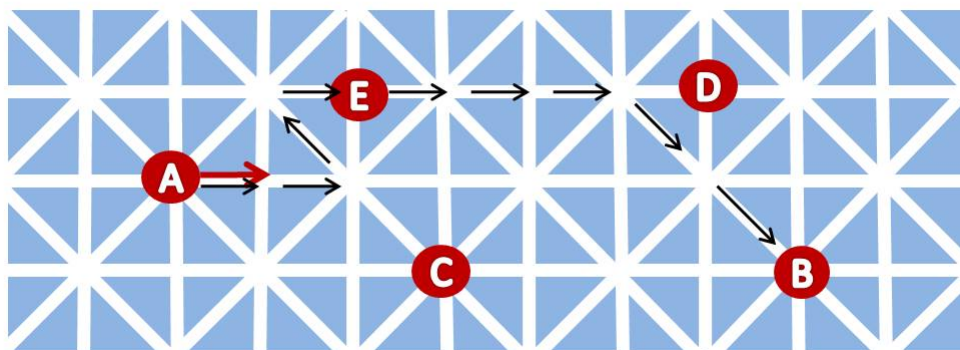


Figura 3.3: Figura do teste do pensamento computacional na forma tradicional

O Teste parte do pressuposto que processos cognitivos associados à abstração, memória e indução são importantes na realização destas tarefas. Para avaliar estes processos, o teste utiliza mapas que devem ser percorridos seguindo instruções compostas

por dois tipos de comandos: avançar um certo número de cruzamentos, e virar em uma nova direção. Para informar a nova direção o comando indica se o sujeito deve virar à esquerda ou à direita, e qual saída que deve tomar, de maneira semelhante às instruções do GPS. Assim, durante o teste, o sujeito traça um percurso no mapa (figura 3.3) que é então avaliado [3].

Uma primeira versão do teste foi proposta para ser aplicada de forma tradicional, utilizando lápis e papel, o que limitava a captura de informações consideradas relevantes como o tempo gasto em cada tarefa e a avaliação da capacidade de memória do sujeito.

3.2 Testes de desenhos

A seguir serão descritos exemplos de testes psicológicos que envolvem a realização de desenhos. Na psicologia, as técnicas que possuem o desenho como principal estilo recebem o nome de testes gráficos [9]. Nestes testes, o sujeito é convidado a fazer uma figura que é depois analisada pelo psicólogo. Esta análise envolve identificar certos componentes do desenho, o que torna a análise uma tarefa mais difícil de ser automatizada.

Inicialmente é apresentado o teste da Figura Complexa de Rey-Osterrieth, que trabalha com o desenho de uma figura geométrica complexa. Em seguida é apresentado o teste HTP em que o sujeito deve realizar o desenho de uma casa, uma árvore e uma pessoa. Por último é apresentado o teste de Bender onde o sujeito deve realizar a cópia de nove figuras em uma folha.

3.2.1 Teste da Figura Complexa de Rey-Osterrieth

O teste da Figura Complexa de Rey-Osterrieth é usado para testar percepção visual e a função da memória visual a longo prazo. Neste teste é dada uma figura complexa ao sujeito avaliado (Figura 3.4) e solicitado que o sujeito faça uma cópia da mesma. Quando o sujeito conclui, a figura e o desenho reproduzido são retirados. Depois de três minutos, o sujeito é convidado a desenhar a figura de novo, a partir da sua memória. A estratégia organizacional pode ser documentada pedindo para o sujeito usar lápis coloridos diferentes, enumerando a linha em uma cópia do teste, ou replicando o desenho do sujeito com direcionalidade. A pontuação é baseada na precisão de reprodução de 18 elementos estruturais [37].

A avaliação cognitiva é baseada não somente sobre o reprodução final, mas também sobre a ordem em que os elementos da figura foram reproduzidos pelo sujeito avaliado, por onde começou, entre outras características. Normalmente, a aplicação deste teste requer a constante atenção do avaliador, que deve acompanhar a execução e anotar

as informações relevantes. Por esta razão, quando aplicado em papel, o teste deve ser monitorado individualmente pelo aplicador [21].

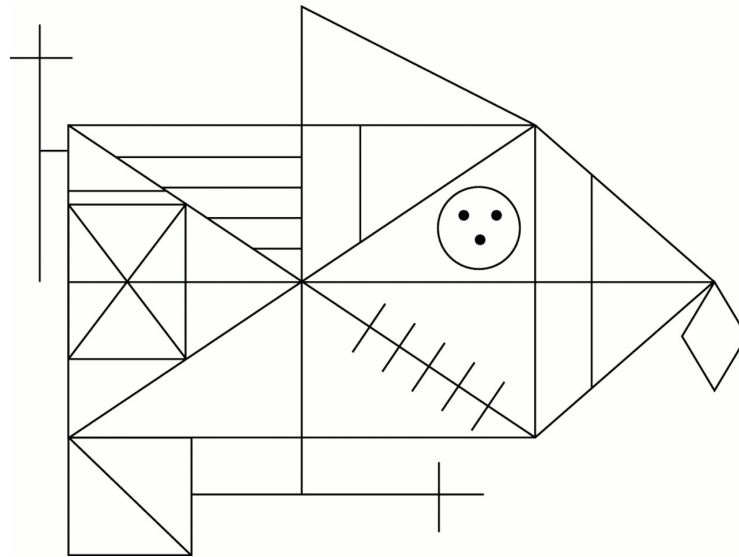


Figura 3.4: *Figura complexa de Rey-Osterrieth.*

3.2.2 Teste da Casa-Árvore-Pessoa (HTP)

O teste da Casa-Árvore-Pessoa (Do inglês *House-Tree-Person Test*) foi criado em 1948 e tem como objetivo compreender aspectos envolvendo a personalidade do indivíduo. O teste é aplicado em pessoas a partir dos oito anos de idade e propõe que o mesmo realize o desenho de uma casa, uma árvore e uma pessoa.

A aplicação do teste geralmente ocorre em duas fases, a primeira não-verbal, que envolve o desenho, e a segunda envolve uma série de perguntas acerca do desenho. Com relação à primeira parte, folhas de papel são entregues junto com lápis preto e borracha. O sujeito é convidado a desenhar uma casa, uma árvore e uma pessoa, como pode ser visto no exemplo 3.5. Posteriormente, junto com a segunda fase, o avaliador permite que o indivíduo faça uma avaliação em cima do que foi desenhado. O HTP necessita da avaliação feita pelo próprio indivíduo como forma de completar e gerar resultados do teste [11].

O teste não necessariamente é limitado a duas fases, podendo o avaliador pedir para o sujeito que o mesmo prossiga para uma terceira fase onde o desenho é pintado, no método tradicional com giz de cera [11].

O manual do teste HTP sofreu algumas evoluções desde seu surgimento [9]. Com respeito aos desenhos realizados pelos indivíduos, atualmente o HTP possui um manual contendo uma padronização da aplicação e de registro das respostas geradas a partir de cada desenho realizado anteriormente. Este manual serve de base para os avaliadores, demonstrando assim que há um certo padrão para a avaliação dos desenhos [11].

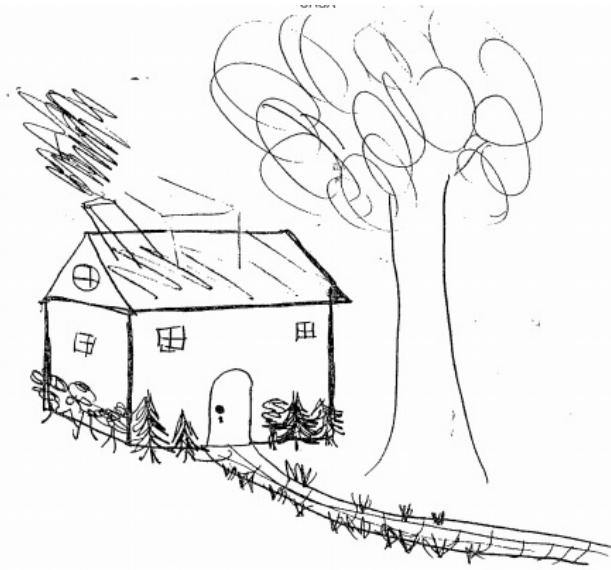


Figura 3.5: Exemplo de desenho da casa [11].

3.2.3 Teste de Bender

O teste de Bender, construído por Laretta Bender, em 1938, e atualmente utilizado com mais frequência em crianças, é constituído, em sua forma original, por nove figuras pretas em folhas brancas de 14,9 cm por 10,1 cm (figura 3.6). As figuras propostas no teste de Bender compõe os princípios básicos da Gestalt. Como aplicação do teste, o sujeito é convidado a copiar as figuras dentro de um determinado tempo, e, de acordo com a forma apresentada, é possível detectar dificuldades.

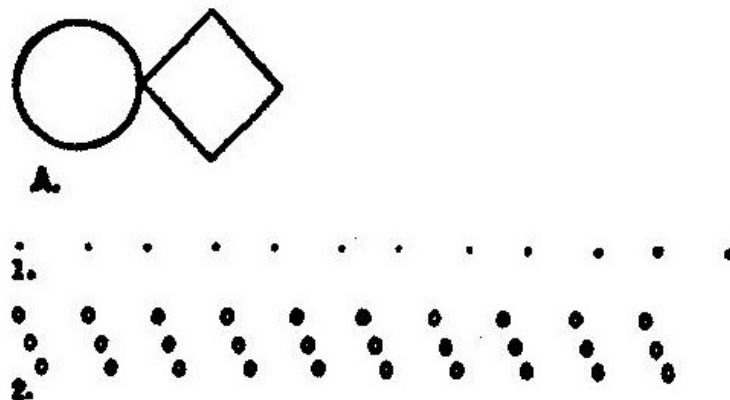


Figura 3.6: Algumas figuras do teste de Bender.

O teste de Bender possui um sistema de correção bastante aceito, apresentado por Elisabeth Koppitz. O sistema Koppitz (como ficou conhecido) foi validado através de um estudo com uma amostra de 1104 crianças. Este método pontua um total de 30 itens nas 9 figuras. Com estes itens, o sistema Koppitz consegue ser capaz de avaliar a maturidade visomotora.

3.3 Discussão dos testes psicológicos

Este capítulo apresentou alguns testes psicológicos, sendo a maioria deles já bem conhecidos no meio da psicologia. A primeira parte apresentou testes que necessitam apenas de traços simples para sua realização (percorrer labirintos, mapas ou ligar pontos), já a segunda parte apresenta testes que envolvem desenho de figuras mais complexas, podendo ser elas figuras geométricas ou não.

Os testes, tanto de traços quanto de desenhos, possuem um certo tipo de "gabarito" para ser utilizado por um profissional no intuito de realizar a avaliação. Em alguns casos, como os testes de traços, essa avaliação se torna mais simples, consequentemente tornando mais fácil sua automatização. Geralmente estes testes possuem uma resposta esperada e um peso para cada tipo de erro. Nos testes de desenhos vários fatores são incluídos na avaliação que envolvem identificar características de partes do desenho o que dificulta uma automatização.

Foram citados apenas dois exemplos de testes que envolvem labirintos. Dentre as avaliações psicológicas é possível encontrar mais alguns. Os testes de labirintos podem ser facilmente aplicados em dispositivos móveis com auxílio de tinta digital, enriquecendo o método de avaliação e trazendo informações extras que não são possíveis de capturar quando aplicados no método tradicional.

No teste de trilhas, além de utilizar a tinta digital para a realização da aplicação, a correção pode ser feita de forma automática mapeando a tela do dispositivo através das coordenadas e verificando se o sujeito passou pelos pontos desejados na ordem esperada, já que a tinta armazena o caminho percorrido por um sujeito e a ordem que ele foi realizado.

O teste do pensamento computacional se aproxima do teste de trilhas para a correção, já que a tela do dispositivo também deve ser mapeada e podem ser verificados os pontos que o sujeito precisa percorrer. Na seção 6 é apresentado uma versão do teste com uso de tinta digital e uma explicação mais clara da implementação.

Entre os testes com desenhos, quanto mais simples o desenho e mais clara as regras de correção mais fácil é a automatização. O Teste de Bender e o sistema Koppitz, por trabalhar com figuras mais simples e possuir um claro padrão de correção, apresenta possibilidade de automatização. O teste da Figura Complexa de Rey-Osterrieth também tem regras claras de correção, mas estas envolvem identificar a ordem de realização das figuras geométricas simples que compõem a figura mais complexa. Isolar estas figuras simples na figura geral não é um processo trivial. Já o teste HTP é ainda mais complexo de analisar já que as figuras não seguem regras estruturais como as geométricas, e exigiriam uma análise mais sofisticada.

Este capítulo serve como base para verificar a possibilidade automatizar alguns

testes psicológicos realizados usando métodos tradicionais, utilizando tinta digital. Nos próximos capítulos serão discutidos a possibilidade desta automatização através das tecnologias existentes atualmente que simulam o uso de lápis e papel em computadores.

Trabalhos relacionados

Este capítulo descreve algumas ferramentas já desenvolvidas com uso de uma caneta e uma tela sensível ao toque. Na intenção de investigar trabalhos relevantes, houve uma filtragem procurando focar em pesquisas que realizavam alguma análise dos dados obtidos com a tinta digital para a extração de conhecimento. O capítulo foi dividido em duas partes, sendo que a primeira apresenta as ferramentas julgadas relevantes para este trabalho, e a segunda parte apresenta uma discussão destas pesquisas e ferramentas.

4.1 Ferramentas

A seguir serão apresentadas três diferentes pesquisas relevantes para o trabalho. A primeira apresenta a ferramenta HandSpy, que foi criada para gerir experiências no estudo dos processos cognitivos da escrita. A segunda pesquisa faz uma análise da correlação que existe entre o desenho de uma figura poligonal (triângulo) com a capacidade de escrita das crianças. A terceira apresenta o uso de uma ferramenta com capacidade de reconhecimento de escrita para auxiliar no estudo da disgrafia.

4.1.1 HandSpy

HandSpy é um sistema web criado como suporte para um estudo psicológico onde o objetivo é determinar os fatores que influenciam o desenvolvimento da habilidade da escrita. A ferramenta visa cobrir todas as fases da pesquisa e gerir as experiências feitas com os sujeitos no estudo dos processos cognitivos da escrita.

As tecnologias utilizadas pelo HandSpy para coleta dos dados são o InkML e o LiveScribe SmartPen. A primeira tecnologia citada já foi discutida no capítulo 2 e diz respeito a um formato de armazenamento da tinta digital. A segunda tecnologia, o LiveScribe SmartPen, é um dispositivo que possui o formato de uma caneta tradicional, um LCD, um microfone e uma câmera infravermelha. Esta caneta inteligente possui memória interna de 4 gb e armazena os traços realizados por um sujeito durante uma atividade, auxiliando em trabalhos que envolvem escrita.

Para que o HandSpy, através da caneta inteligente, gerasse os arquivos no formato InkML foi desenvolvido um framework que consiste em três partes: a primeira parte consiste de uma aplicação chamada Penlet, desenvolvida através da API disponível pela caneta inteligente, capaz de registrar os tempos de pausa e de retorno da escrita. A segunda parte é uma aplicação denominada *Paper Application* que serve para preenchimento de dados com a caneta inteligente. Por último, a terceira parte consiste em um gerador de arquivos, capaz de extrair os dados coletados e transformá-los em um arquivo InkML.

As principais características do HandSpy são: Abranger todas as etapas da pesquisa do processo cognitivo da escrita; Possuir uma interface web gerando uma colaboração entre pesquisadores e possibilitando trabalhos remotos; Possuir um sistema de gerenciamento de dados baseado em armazenamento na nuvem; Analisar os dados coletados; Ter a habilidade de selecionar e sintetizar coleções de dados de acordo com os critérios estabelecidos; Utilizar os dados baseados no formato XML para gerar uma interoperabilidade entre os pesquisadores da comunidade[31].

O HandSpy trabalha da seguinte forma: Os arquivos são coletados no formato InkML (Formato de dados XML para descrever a tinta digital), em seguida estes dados carregados são organizados no banco de dados de acordo com as características do usuário. Após o armazenamento, os dados carregados são transformados em imagens para alimentar um visualizador de imagens, e também é criada uma lista com as pausas no decorrer da escrita, pois esta informação serve como objeto de estudo e análise. Por último, estes dados armazenados são selecionados e tratados, gerando uma análise por critérios e também uma síntese dos resultados de acordo com o critério estabelecido[30].

Para gerar o comportamento descrito anteriormente o HandSpy foi desenvolvido em três camadas: apresentação (Implementada com o framework JavaScript SmartClient); Lógica (Desenvolvida com Servlet TomCat); Dados (Utilizando o banco de dados em XML)[30].

Avaliou-se a usabilidade do sistema de acordo com as heurísticas de Nielsen [33]. Três especialistas foram submetidos ao teste no intuito de avaliar a interface do sistema. Concluiu-se que no geral, a interface é agradável, porém carece de opções de ajuda ao usuário para lidar com a ferramenta [31].

Atualmente o HandSpy está na versão 2.2.2, do tipo beta, e permite o acesso e uso por qualquer sujeito, conforme é demonstrado no seguinte link: <http://daar.up.pt/index.php/pt/handspy>. Para cadastrar um novo projeto na base de dados e ter acesso, basta enviar um e-mail, conforme direcionado na tela de início. Após este passo, os passos para cadastrar e avaliar atividades são demonstrados por instruções de ajuda e vídeos [38].

4.1.2 Análise estratégica do desenho da forma poligonal em relação ao desempenho da escrita.

Este trabalho discute a relação das formas poligonais com o desempenho da escrita em crianças. As formas poligonais são comumente utilizadas por psicólogos para avaliações do desempenho infantil, detectando, mais cedo, problemas físicos e mentais. O artigo discutido nesta seção, objetiva determinar a correlação entre o desempenho de desenhos do triângulo e os níveis de desempenho na caligrafia, utilizando, como sujeitos para a avaliação, crianças entre 6 e 7 anos de idade [45]. A seguir serão apresentadas as formas utilizadas para a coleta e tratamento da tinta digital.

No projeto, os dados foram capturados através de uma mesa digitalizadora (Wacom Intous 3) sobreposta por uma folha de papel e utilizando uma caneta. As crianças foram convidadas a copiar um triângulo isósceles com base de 3,6 cm e lados de 4 cm em uma folha vazia (Figura 4.1). As coordenadas X e Y da trajetória realizada pelo sujeito e a pressão da caneta sobre a superfície da mesa digitalizadora foram capturadas como objeto de análise [22].

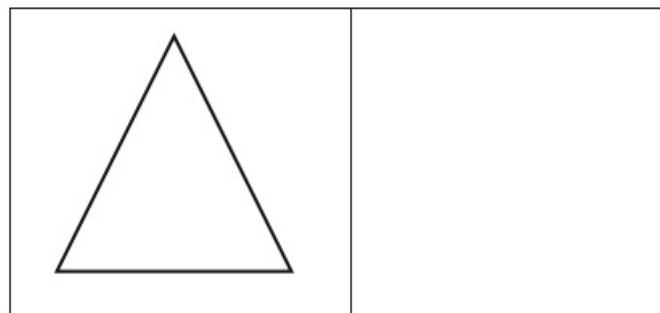


Figura 4.1: *A crianças são convidadas a desenhar o triângulo do lado esquerdo no quadrado vazio [22].*

Para efeito de reconhecimento e classificação, o triângulo foi dividido em três partes: Topo (S2), canto esquerdo (S1) e canto direito (S3) 4.2. As pausas (quando a caneta é afastada da superfície) foram tratadas como estado S4. Através dos quatro parâmetros citados anteriormente, foi possível criar grupos dependendo da realização de cada desenho. Por exemplo, a forma mais frequente, tendo um total de 32 desenhos, foram seguindo a sequência de passos S2, S1, S3, S2, ou seja, o sujeito iniciava no topo, ia para o canto esquerdo, em seguida o canto direito e por fim voltava ao topo, sem realizar nenhuma pausa (S4).

Uma máquina de vetores de suporte (SVM) foi utilizada como classificador. Houve um treinamento do sistema utilizando as características da estratégia de desenho. Através dos dois grupos classificados, o SVM [44] foi treinado alterando os pesos e procurando um parâmetro classificador[45]. Ao final os dados foram cruzados de acordo com os grupos classificados.

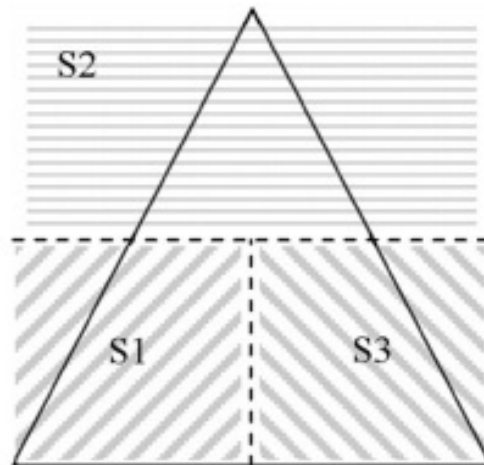


Figura 4.2: *Divisão do triângulo para análise [22].*

As vantagens de utilizar a mesa digitalizadora, com tinta digital, foi a exploração do número de traços realizados, a ordem do desenho, a pressão exercida pela caneta e o número de pausas. Estas características serviram de base para procurar padrões dentro dos dois grupos avaliados.

4.1.3 Mapeamento de disgrafia com dispositivo móvel

O terceiro trabalho segue a linha dos apresentados anteriormente, tendo como foco problemas relacionados à escrita. O trabalho de Giordano e Maiorana [17] descreve o desenvolvimento de uma ferramenta para acompanhamento de sujeitos com disgrafia, tendo como princípio que um dos métodos aplicados para a redução da disgrafia é o aumento de quantidade de exercícios que envolvem a escrita.

A disgrafia é um problema que prejudica as habilidades da comunicação escrita, e, por ter efeitos sobre a auto-estima do estudante, diminui o desempenho escolar dos mesmos em relação aos colegas de classe. Segundo os autores, atualmente existem ferramentas que dão suporte a sujeitos com problemas que envolvem a escrita, porém estas ferramentas possuem algumas deficiências. Geralmente estas ferramentas de software se encaixam em dois grupos. Existem os softwares que permitem que os alunos pratiquem a escrita, porém carecem de armazenamento, análise e feedback interativo dos dados. No segundo grupo estão os sistemas desenvolvidos para análise dos dados offline, porém, até estes sistemas, raramente possuem feedback interativo [17].

A partir do levantamento feito das ferramentas existentes, e, conseqüentemente, da carência existente de uma ferramenta mais completa, os pesquisadores propuseram uma aplicação web para atender alguns princípios, tais como: ser acessível em qualquer lugar por qualquer dispositivo; acompanhar o progresso dos usuários e criar níveis de dificuldades; registrar todos os passos realizados pelo sujeito dando feedbacks automáticos e

permitindo análise offline. A ferramenta também deve permitir que o perito ou professor possa inserir exercícios demonstrando qual deve ser o traço correto que o sujeito deve realizar para o êxito da atividade [17].

Para que a ferramenta cumprisse os requisitos citados anteriormente e tivesse uma boa usabilidade que permitisse pessoas de diferentes idades com diferentes dispositivos móveis utilizar, a aplicação foi desenvolvida na plataforma web, onde do lado do cliente foi utilizado a linguagem PHP juntamente com JavaScript, permitindo que qualquer navegador, com javascript habilitado, pudesse carregar o sistema [17].

Para o registro dos dados e da tinta digital, foi utilizado banco de dados, JSON (JavaScript Object Notation) e o InkML. O sistema de gerenciamento de banco de dados foi o MySQL. Já para a análise dos dados foi utilizado o algoritmo \$1 Recognizer [53]. Este algoritmo é muito eficiente para detecção de traços e feedback instantâneos, cumprindo a necessidade da aplicação.

4.2 Discussão dos trabalhos

Foram apresentados três trabalhos de relevância para a pesquisa. Os trabalhos possuem uma semelhança quanto ao objetivo, que é o uso de tecnologias que aceitam entrada de dados por caneta para analisar a escrita. No primeiro caso, foi apresentada uma ferramenta, denominada HandSpy, desenvolvida em Java, com uso do padrão InkML para armazenamento de dados. No segundo caso não houve detalhes da implementação, somente do hardware, que foram mesas digitalizadoras do tipo Wacom3. O terceiro caso já aprofunda mais na implementação, sendo desenvolvida na linguagem PHP e armazenamento da tinta digital em formato InkML. Neste caso a aplicação foi desenvolvida para ser acessada por qualquer dispositivo, principalmente com telas sensíveis ao toque. Em todos os casos aponta-se esta tecnologia como vantagem por apresentar informações relevantes que não seriam possíveis no papel, por exemplo, número de pausas realizadas durante a execução, tempo gasto de forma detalhada, entre outros.

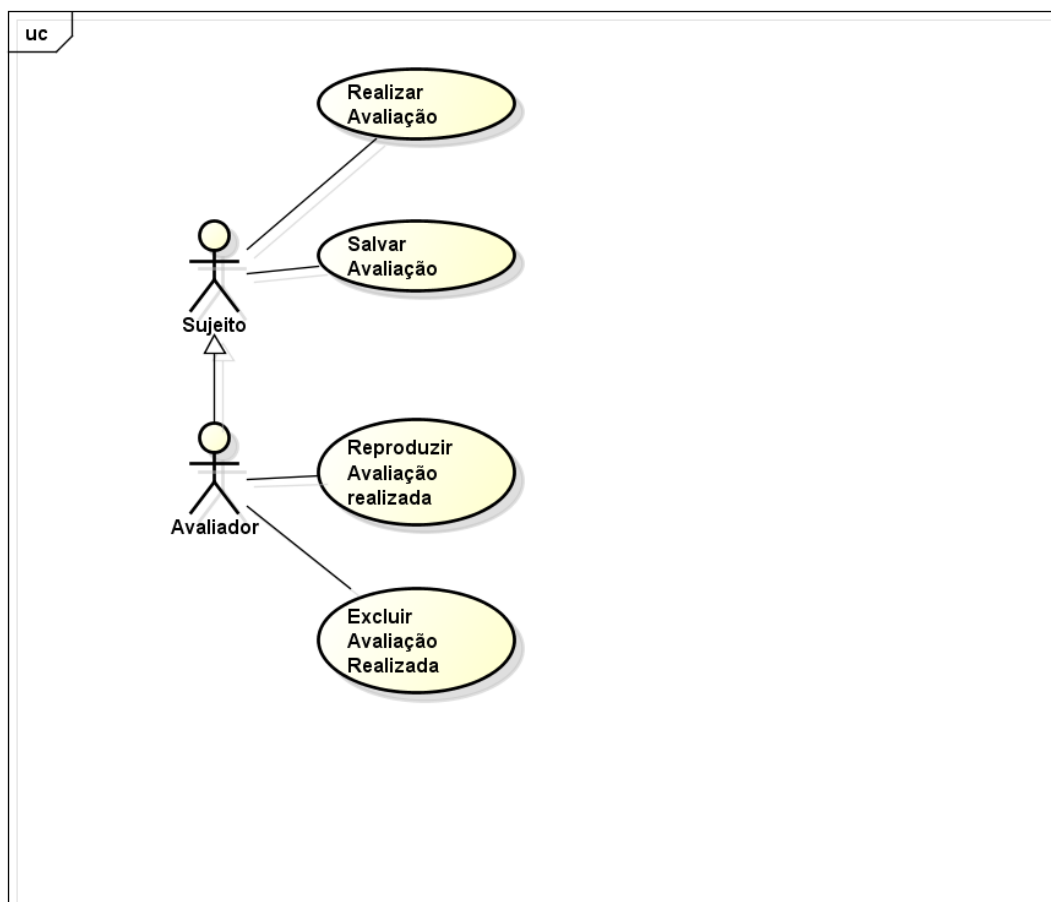
Ferramenta	Linguagem de implementação	Hardware para coleta dos dados	Armazenamento da tinta digital
Handspy	Java	LiveScribe SmartPen	InkML
Desenho da forma poligonal	Não especificado	Mesa digitalizadora	Não especificado
Mapeamento da disgrafia	PHP	Qualquer dispositivo com navegador	InkML

Tabela 4.1: Comparativo dos trabalhos relacionados à pesquisa.

Os três trabalhos em conjunto provam as vantagens do uso de tecnologias que aceitam a entrada de dados através da caneta e serviram de apoio para a construção desta pesquisa. A tabela [4.1](#) comparando as três ferramentas em relação à tecnologia e aos objetivos.

Implementação

A figura 5.1 representa o diagrama de casos de uso esperado para o desenvolvimento da ferramenta em um ambiente de avaliação. O diagrama de casos de uso é um dos diagramas disponíveis na UML e serve para visualizar, especificar e documentar o comportamento de um elemento [8]. Neste contexto, o diagrama de casos de uso está sendo um auxiliar para uma visão de alto nível das responsabilidades de cada usuário no sistema.



powered by Astah

Figura 5.1: Diagrama de Caso de Uso geral da ferramenta proposta.

No geral, para realizar avaliações que têm como base o desenho, espera-se uma ferramenta que permita ao sujeito que está sendo avaliado a possibilidade de realizar e salvar uma avaliação, sendo que dentro do caso de uso Realizar Avaliação estão inclusas as opções de desenhar e apagar através do uso de tinta digital. Já o caso de uso Salvar Avaliação engloba salvar um arquivo em formato de tinta digital.

Ainda no diagrama de Casos de Uso existe um segundo ator que é o avaliador, que pode reproduzir uma avaliação realizada, ou seja, ele tem acesso ao arquivo InkML gerado, e assim é possível verificar detalhadamente, e quantas vezes achar necessário, o que o sujeito fez. Além disso, também é atribuído ao avaliador o poder de excluir uma avaliação que algum sujeito realizou.

Os outros diagramas disponíveis na UML foram descartados para este trabalho, não tendo tanta necessidade por ser uma ferramenta cujo foco maior é, através da tecnologia de tinta digital, mostrar que é possível analisar traços.

Esta ferramenta de uso geral tem como principal objetivo substituir o meio no qual a avaliação é realizada, dando ao sujeito a possibilidade de realizar todas as tarefas que poderia fazer com lápis e papel. Tem como vantagens adicionais permitir o armazenamento de informações não disponíveis em testes tradicionais e a reprodução passo a passo da realização do teste, permitindo uma análise do processo e não apenas do resultado final.

Outra etapa no uso da tinta digital como ferramenta para avaliação é a análise do arquivo no formato de tinta digital gerado para extrair conhecimento, auxiliando o profissional na avaliação. Esta análise vai depender dos critérios de avaliação de cada teste, e portanto deve ser específica do teste.

Com esta visão global do sistema, serão apresentadas, a seguir, decisões de implementação da tinta digital tomadas no projeto. Na próxima seção será apresentada a linguagem e ferramentas utilizadas para o desenvolvimento da aplicação, em seguida, nas duas outras seções, serão apresentadas a forma de implementação da borracha para apagar traços da tinta digital e o hardware utilizado para testar as aplicações.

5.1 Linguagens e Ferramentas usadas

Ao trabalhar com tinta digital, o primeiro desafio que surge é o armazenamento da mesma. A seção 2.2.1 apresenta como vantagem do ISF o suporte dado pela Microsoft, e este trabalho utiliza ferramentas da mesma empresa para o desenvolvimento das aplicações. Porém, como observado por [39], o formato ISF, desenvolvido pela Microsoft, tem restrições quanto ao seu manuseio, dificultando a análise mais aprofundada dos arquivos de tinta. O ISF, por ser um formato proprietário, posteriormente também pode causar problemas no compartilhamento com outras ferramentas que utilizam tinta digital.

O InkML, apesar de menor suporte durante a implementação, se tornou opção para este trabalho. Alguns pontos foram levados em consideração para a decisão, sendo que o primeiro ponto é por esta ser uma linguagem aberta e padrão, conforme estabelecido pela W3C. Também foi bastante considerado o fato do InkML ser uma linguagem de marcação, onde há uma maior familiaridade, possui a divisão por *tags*, e é possível manipulá-la através de classes e métodos desenvolvidos para manipular outras linguagens de marcação, como por exemplo o XML [10]. Porém, para o manuseio e armazenamento da tinta fez-se necessário procurar bibliotecas externas e que se comunicam entre si. que dessem suporte a este formato, o que não ocorreria se a escolha fosse o formato ISF.

Para o desenvolvimento da aplicação foi escolhida a linguagem C# [24]. Esta linguagem foi criada para o desenvolvimento de uma variedade de aplicações que executam sobre o .NET framework e foi criada para ser orientada a objetos [19]. A programação foi realizada com o suporte da IDE Visual Studio [27] na versão profissional 2013, usando os formulários do Windows já existentes no Windows Forms. A versão da plataforma de gerenciamento .NET foi 4.0.

A aplicação foi desenvolvida em um ambiente com o sistema operacional Windows 8.1, porém a versão profissional 2013 do visual studio permite instalação a partir do Windows 7. Quanto aos requisitos de hardware, para configurar o ambiente foi necessário, no mínimo, processador de 1,6 ghz, 1 Gb de memória RAM e 10 Gb de espaço em disco. Estas e outras informações estão disponíveis em [27].

A manipulação das propriedades da tinta digital ocorre através da classe *InkOverlay*. É possível manipular o tamanho, forma, cor e posição da tinta com os métodos desta classe. A classe é encontrada na biblioteca *Ink*, da Microsoft. Através da classe também é possível adicionar dois tipos de borracha: A borracha por traço ou por ponto. A primeira apaga todo o traço que a borracha tocou, a segunda apaga somente a parte onde houve o toque da borracha, neste caso, aproximando-se da borracha física. A classe *InkOverlay* também captura toda a tinta para um possível armazenamento.

Desenvolvida pela HP, a biblioteca *InkMLLib*, está disponível nas linguagens JAVA, C++ e C#. Esta biblioteca faz parte do pacote InkML Toolkit e possui uma série de recursos para trabalhar com o formato InkML. Ainda dentro do pacote é possível encontrar conversores, ferramentas simples e plugins para navegadores que trabalham com tinta digital.

O trecho de código representado em 5.1 exemplifica o armazenamento da tinta digital no formato InkML na linguagem C#. Para o armazenamento usa-se a biblioteca *InkMLConverters* e elementos padrões da tinta já disponíveis na linguagem. A seguir, uma explicação detalhada do código:

Código 5.1 Uso da biblioteca *InkMLConverters* para armazenar a tinta digital

```
1 using InkMLConverters;
2 using Microsoft.Ink;
3
4 //...
5
6 InkOverlay inkOverlay;
7 String inkFileName;
8 ISF2InkML saveInkml;
9
10 //...
11
12 inkOverlay = new InkOverlay(Handle);
13 inkOverlay.Enabled = true;
14
15 //...
16         saveInkml.ConvertToInkML(inkOverlay.Ink, inkFileName);
```

- As linhas 1 e 2 adicionam as bibliotecas para manipular a tinta (Microsoft.Ink) e armazenar em formato InkML (InkMLConverters);
- A linha 6 cria o objeto do tipo *InkOverlay*, a linha 7 cria uma variável do tipo *String* e a linha 8 cria um objeto do tipo *ISF2InkML*;
- As linhas 12 e 13 acionam o objeto *InkOverlay* criado em um painel e ativa para tornar possível realizar traços em cima da tela;
- A linha 18 chama o método *ConvertToInkML* passando como parâmetro a tinta (inkOverlay.Ink) e o caminho do destino com o nome que será armazenado (inkFileName).

Como já foi dito anteriormente, uma das características do padrão InkML é o armazenamento do tempo, tanto geral quanto de traços individuais. Porém a biblioteca InkMLLib não tem esta etapa implementada. Sendo assim, durante o desenvolvimento da aplicação, foi necessário criar um arquivo onde, além de armazenar as informações dos candidatos submetidos aos testes, armazenou-se o tempo de cada etapa do teste. Portanto, a capacidade de armazenar o tempo foi tratado como uma característica extra neste caso.

Quanto a reprodução dinâmica do traço realizado pelo sujeito, o arquivo InkML é explorado com as ferramentas já existentes para trabalhar com XML. Cada Tag é analisada, os pontos são armazenados em um arquivo e em seguida reproduzidos na tela que o usuário solicitou.

É interessante notar que, durante a reprodução dinâmica das formas, ligando os pontos que o usuário percorreu, pode-se verificar onde o sujeito começou uma determinada atividade e quais decisões foram tomadas ao longo do processo.

5.2 Borracha

Para o desenvolvimento da ferramenta de estudo de caso que será apresentada no capítulo 6, optou-se por usar a borracha que apaga por ponto. O código 5.2 é um exemplo da implementação do evento apagar. O código passa por parâmetro um objeto (*object*) e um evento (*EventArgs*), neste caso sendo o botão e o *click*, respectivamente. Após o evento ser ativado é então acionada a opção de deletar no lugar de escrever. Na linha seguinte é selecionada a borracha que apaga por ponto. Caso houvesse interesse em substituir a borracha por ponto pela borracha por traço bastaria alterar a linha 4.

Código 5.2 Evento que implementa a função borracha da tinta digital

```
1 private void apagar(object sender, EventArgs e)
2     {
3
4         ink.EditingMode = InkOverlayEditingMode.Delete;
5         ink.EraserMode = InkOverlayEraserMode.PointErase;
6
7     }
```

No trabalho em questão a opção de apagar é encerrada quando a opção de escrita é acionada novamente. Para ativar a opção de escrita deve-se clicar no botão que aciona o evento programado para tal. A seguir o código do evento que reativa o modo de escrita.

Código 5.3 Evento que implementa a função de escrita da tinta digital

```
1 private void escrever(object sender, EventArgs e)
2     {
3
4         ioInkCollection.EditingMode = InkOverlayEditingMode.Ink;
5
6     }
```

5.3 Hardware

A tabela a seguir mostra uma especificação do hardware que foi utilizado durante a implementação para testar a tinta digital. O hardware escolhido foi um tablet pc da marca

Dell que aceita entradas através de uma caneta (Integrada ao dispositivo), mouse externo ou o próprio touchpad que já vem integrado, além do teclado. O principal motivo para a escolha deste hardware foi a disponibilidade dos equipamentos para testes, já que a Universidade Federal de Goiás possui um laboratório com várias unidades deste modelo de tablet pc.

Especificações da máquina usada para testes e aplicações	
Tipo de computador	Dell Latitude XT Tablet
Tipo de processador	Intel Core 2 Duo ULV processor U7600 (1.20GHz)
Disco rígido	120GB 1.8" 5400 RPM HDD
Tipos de entradas	Dedo; caneta; teclado; mouse
Tamanho da memória	3 GB (533 Mhz)
Adaptador gráfico	ATI Radeon X1250 UMA Graphics

Tabela 5.1: *Especificação do Hardware utilizado para coleta de dados*

O hardware especificado na tabela, juntamente com o sistema operacional Windows 7, recebeu a instalação das ferramentas desenvolvidas e facilitou os testes realizados para verificar as inconsistências por permitir a entrada através de caneta, simulando o método tradicional de execução de avaliações.

5.4 Discussão da implementação

O capítulo 5 apresentou uma descrição detalhada da implementação da aplicação que será exibida no próximo capítulo. Como visto, para o desenvolvimento da ferramenta foram utilizados recursos da Microsoft (Sistema Operacional Windows, Visual Studio, C#) na intenção de criar, armazenar e também reproduzir a tinta digital de forma dinâmica.

Neste capítulo também foi levantada a discussão sobre o formato de armazenamento da tinta digital, optando-se pelo InkML por ser uma linguagem de marcação e facilitar no momento da leitura dos arquivos, permitindo que ferramentas utilizadas para o XML sejam estendidas ao InkML. Concluiu-se então que, mesmo utilizando recursos da Microsoft, o formato de armazenamento da tinta digital não precisa necessariamente ser o ISF. Além disso, a borracha utilizada em conjunto com o hardware disponível tornou mais próximo a aplicação desenvolvida do método tradicional utilizado.

Aplicações e resultados

Na intenção de atingir o objetivo proposto no início do trabalho, foi desenvolvida uma ferramenta geral com base na implementação da tinta digital do capítulo 5. Esta ferramenta mostrou a tinta digital sendo capaz de salvar, armazenar e reproduzir desenhos. Em seguida, uma segunda parte da ferramenta foi desenvolvida, neste caso mais específica, sendo esta responsável pela análise do conteúdo gerado pela tinta digital. A seguir serão apresentadas as duas partes da ferramenta, sendo que o primeiro estudo de caso compõe o uso da tinta digital em um contexto geral para aplicação de testes e a segunda parte apresenta a possibilidade de análise dos dados em um estudo de caso. Dada a complexidade da análise de desenhos, esta aplicação limita-se à análise de traços simples, mais especificamente, retas.

6.1 Ferramenta geral

Como observado no capítulo 3, foram levantados alguns testes tradicionais de psicologia, que envolvem a realização de traços simples e desenhos complexos, e utilizam lápis e papel para sua aplicação. Esta primeira parte do capítulo utiliza o teste da Figura Complexa de Rey-Osterrieth, como estudo de caso para demonstrar a capacidade da tinta digital em capturar, armazenar e reproduzir uma atividade tradicionalmente realizada usando lápis e papel. Ao mesmo tempo, a abordagem automatizada do teste da Figura Complexa de Rey-Osterrieth também procura demonstrar algumas vantagens do teste realizado por métodos eletrônicos, usando tinta digital e uma caneta *stylus*, no lugar do método tradicional. Apesar do estudo de caso limitar-se ao teste da Figura Complexa de Rey-Osterrieth, qualquer teste com desenho pode facilmente ser implementado usando a ferramenta. Para isto, basta introduzir as características próprias de aplicação do teste.

A versão computadorizada do Teste da Figura Complexa de Rey (figura 6.1) usa tinta digital e armazena os testes realizados pelo sujeito em um disco rígido no formato InkML. Caso existam informações referentes aos sujeitos ou à aplicação, como por exemplo informações demográficas dos sujeitos ou hora da aplicação, estas também são armazenadas. Sendo assim, normalmente grava-se três arquivos: um arquivo contendo

os dados do sujeito (nome, idade, etc.), o segundo e o terceiro arquivos no formato.ink que servem para o armazenamento da primeira e segunda etapa do teste, ou seja, a reprodução do desenho observando a figura de Rey e a segunda reprodução informando somente o que ficou gravado na memória. Observe que esta é uma característica da aplicação do teste que teve que ser levada em consideração na implementação da ferramenta, lembrando que o teste da Figura Complexa de Rey-Osterrieth é aplicado em duas etapas. A primeira com a figura ao lado para cópia, e a segunda o desenho da figura de memória, com intervalo de alguns minutos entre elas.

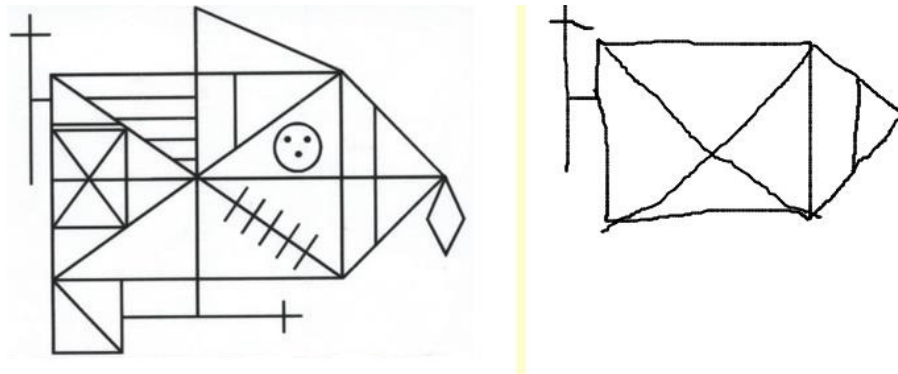


Figura 6.1: Exemplo do teste da figura de Rey usando tinta digital.

Quando o avaliador opta por avaliar o teste de um sujeito (reprodução do teste), os traços da figura são processados na ordem em que foram originalmente desenhados, eliminando a necessidade do avaliado usar lápis coloridos para indicar a ordem de execução do desenho, e do avaliador em observar e enumerar a ordem dos traços realizados. A função de reprodução de um arquivo InkML atualmente é possível de ser executada utilizando técnicas já existentes na linguagem C# que foram desenvolvidas para o uso com XML.

Código 6.1 Evento que abre um arquivo qualquer através de uma caixa de diálogo.

```

1     private void abrir_Click(object sender, EventArgs e)
2     {
3         DialogResult drOpen = ofdInkOpen.ShowDialog(this);
4         if (drOpen == DialogResult.OK)
5         {
6             inkFileName = ofdInkOpen.FileName;
7         }
8         executar(inkFileName);
9     }

```

O trecho de código 6.1 abre uma caixa de diálogo que permite ao usuário navegar pelo computador em busca de um arquivo qualquer. Neste caso a procura é por

um teste arquivado, ou seja, um arquivo do tipo .InkML. Após selecionado o arquivo, entra a função de reprodução, que pode ser observada no trecho de código 6.2. O código demonstra um método para carregar e reproduzir um arquivo que envolva tinta digital.

Código 6.2 Evento que reproduz um arquivo de tinta digital.

```
1 private void executar(String inkFileName)
2 {
3     var doc = new XmlDocument();
4     doc.Load(inkFileName);
5     string teste = "";
6     float width = (float)1.5;
7     XmlNodeList nodeList = doc.SelectNodes("ink");
8     System.Drawing.Pen myPen;
9     System.Drawing.Graphics formGraphics = panell1.CreateGraphics();
10    myPen = new System.Drawing.Pen(System.Drawing.Color.Black);
11    myPen.Width = width;
12    foreach (XmlNode node in nodeList)
13    {
14        for (int j = 1; j < node.ChildNodes.Count; j++)
15        {
16            teste = node.ChildNodes.Item(j).InnerText;
17            string[] coord = teste.Split(',');
18            int i = 0;
19            while (i < coord.Length - 1)
20            {
21                String[] coord2 = coord[i].Split(' ');
22                String[] coord3 = coord[i + 1].Split(' ');
23                formGraphics.DrawLine(myPen, Convert.ToInt32(coord2[0]),
24                                     Convert.ToInt32(coord2[1]),
25                                     Convert.ToInt32(coord3[0]),
26                                     Convert.ToInt32(coord3[1]));
27                i = i + 1;
28                Thread.Sleep(10);
29            }
30        }
31    }
32    myPen.Dispose();
33    formGraphics.Dispose();
34 }
```

O código 6.2 permite reproduzir um teste já realizado por algum sujeito de forma dinâmica, como já dito anteriormente. As figuras 6.2 e 6.3 exemplificam a execução do código. É possível observar dois estágios diferentes do mesmo arquivo. A primeira figura mostra o início da reprodução do desenho feito por um sujeito e a segunda figura mostra a fase final da reprodução do mesmo desenho feito pelo avaliador. Este processo de reproduzir um teste já realizado pode ser feito quantas vezes o avaliador achar necessário, o que não seria permitido em uma aplicação tradicional.

A forma de reprodução do código é simples e não muito eficiente, sendo que não é possível, por exemplo, pausar um arquivo que está reproduzindo. Apesar de não apresentar funções que possam interagir durante a reprodução do arquivo, já é possível enxergar possibilidades de automatização de trabalhos que exigem necessidade constante de observação devido à ordem da resolução interferir no resultado. Estes e outros aspectos serão discutidos no último capítulo deste trabalho.

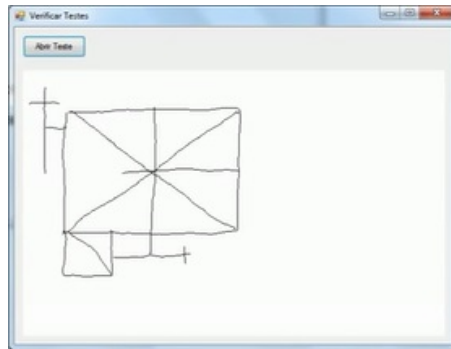


Figura 6.2: *Início da reprodução de um teste usando tinta digital.*

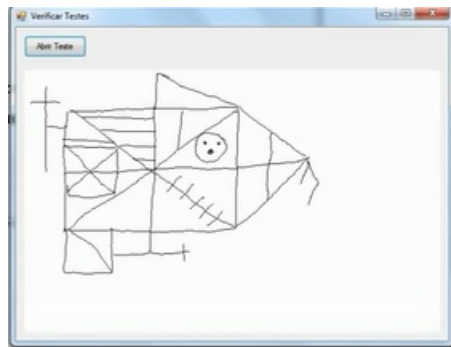


Figura 6.3: *Fim da reprodução de um teste usando tinta digital.*

Além de permitir que um teste feito por um usuário seja reproduzido várias vezes, eles têm maior durabilidade e ainda é possível analisá-los em conjunto em busca de padrões usando técnicas de mineração de dados.

O armazenamento da aplicação dos testes permite que no futuro as tarefas relevantes para a avaliação possam ser analisadas, como por exemplo, a identificação de elementos geométricos que são parte da Figura de Rey e a ordem pela qual estes

elementos são introduzidos para o valor global. Tarefas de granularidade também podem ser definidas, incluindo a forma como uma determinada forma geométrica foi realizada. Tomando como exemplo o esboço da Figura 2.3, isso pode ser feito com um único traço, em contraste com o desenho de linhas paralelas.

Atualmente a ferramenta desenvolvida permite apenas o armazenamento e reprodução de forma dinâmica da ordem da execução do teste, além do armazenamento de informações básicas do sujeito e o tempo para a realização do teste. Através de pesquisas realizadas, nota-se que é possível o reconhecimento de padrões geométricos em tinta digital. Este trabalho pode fazer uso do método utilizado por [29], onde se gera imagens para reconhecer formas, ou criar uma rede neural supervisionada com as coordenadas geradas pela tinta digital, de modo que ela possa encontrar figuras geométricas.

6.2 Ferramenta específica

A primeira parte desta seção apresentou, através de um estudo de caso, a ferramenta sendo usada para a coleta, armazenamento e reprodução de uma atividade que envolve traços ou desenhos e foi possível notar que este é um processo geral na realização de testes, exigindo assim pequenas adaptações caso queira automatizar avaliações distintas.

A segunda parte da ferramenta foi desenvolvida para testar a viabilidade da análise da tinta digital para identificar características relevantes para a avaliação. Como estudo de caso foi usado o teste de Pensamento Computacional apresentado no capítulo 3. O teste proposto foi definido a partir de um estudo exploratório realizado com uma amostra de 12 alunos de introdução a programação. Um conjunto de quatro testes foi aplicado aos alunos e os resultados apontaram que os processos cognitivos associados ao raciocínio espacial, à memória de trabalho e à inteligência geral, são dimensões fundamentais para introdução a programação [3].

Assim, o teste sendo desenvolvido foi dividido em três partes que avaliam processos cognitivos distintos: A primeira parte avalia o raciocínio espacial, a segunda parte a memória de trabalho, e a terceira parte avalia o raciocínio indutivo. Cada parte é composta por três exercícios apresentados em ordem crescente de dificuldade. Todos estes exercícios tem como base um mapa sobre o qual o sujeito deve traçar um percurso seguindo um conjunto de instruções do tipo GPS. A figura 6.4 apresenta um exemplo do tipo de exercícios usados no teste.

As instruções são compostas de dois comandos básicos: avançar e virar. O comando de avançar é seguido pelo número de interseções que o sujeito deve percorrer. Assim, todo comando de avançar parte de uma interseção, e seguindo uma linha reta termina em uma outra interseção. O comando de virar serve para indicar uma nova direção.

Ele sempre ocorre em uma interseção e simplesmente posiciona o sujeito no sentido do novo caminho sobre o qual o sujeito vai avançar. A nova direção é indicada por um comando que indica se o sujeito deve virar à direita ou à esquerda e quantas ruas ele deve pular até chegar no novo caminho. Estes comandos são sempre intercalados.



Figura 6.4: Exemplo do Teste de Pensamento Computacional.

No exemplo anterior é possível ver na imagem duas instruções:

- Avançar 2 interseções.
- Virar na segunda saída da direita. Avançar 1 interseção.

Partindo do ponto vermelho seguido de uma seta, posicionado na imagem, o sujeito deve cumprir as instruções, tendo duas chances para executar corretamente os comandos antes de obter a resposta. Assim, o sujeito desenha o caminho definido pelos comandos e no final clica no botão avaliar, neste momento é armazenado um arquivo de tinta. Na figura 6.4 é possível notar que o sujeito, além da opção de avaliar se realizou corretamente uma instrução, também pode utilizar da ferramenta de borracha para corrigir algum traço indesejado antes de submeter sua resposta.

Após o armazenamento se inicia o processo de avaliação. O arquivo é novamente carregado na aplicação, de forma implícita, e seus pontos são avaliados, gravando em arquivo o acerto ou o erro, e em caso de erro se este se deu no comando de avançar (neste caso o número de interseções percorridas está incorreto) ou se o erro se deu no comando de virar (neste caso o novo caminho escolhido está incorreto). Quando o sujeito atinge o objetivo daquele exercício, ou seja, percorre corretamente o caminho definido, ele é encaminhado para o próximo exercício. Caso ele tenha errado, e foi sua primeira tentativa, uma nova tentativa é dada ao sujeito. Neste momento é informado ao sujeito que errou e o desenho realizado é apagado.

Caso o sujeito não consiga realizar o objetivo após duas tentativas, o percurso correto é apresentado para o sujeito e ele é encaminhado para o próximo passo, como

mostrado na figura 6.5. Isto permite ao sujeito visualizar o motivo dos seus erros e tentar não repetí-los. Observa-se que os critérios para a aplicação e correção dos testes são definidos pelo autor do teste.

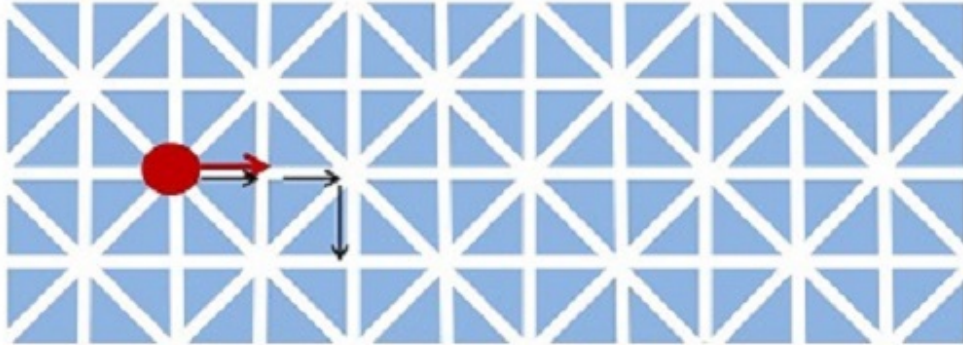


Figura 6.5: *Correta realização do exemplo de teste do pensamento computacional*

Assim uma avaliação automática deste teste deve ser capaz de avaliar se os traços feitos pelos sujeitos estão corretos, e caso tenha errado, se o erro foi porque contou o número de interseções de forma errônea ou se virou em outra direção.

Para verificar se o sujeito percorreu o caminho correto observa-se se os últimos pontos do arquivo InkML (ou seja, as coordenadas armazenadas) correspondem ao destino esperado pelos comandos dados ao sujeito. Caso os pontos correspondem as instruções dadas ao sujeito, é informado, através de uma mensagem, que a instrução está correta.

Para tratar os casos de erro foi preciso criar um algoritmo que, caso a instrução fosse incorreta, pudesse fazer um rastreamento do arquivo .InkML para identificar que tipo de erro ocorreu.

Considerando como um passo cada vez que o sujeito avança uma quantidade de interseções, em cada instrução completa são realizados alguns passos. O algoritmo construído para detectar o erro começa a rastrear o primeiro passo, analisando se foi realizado com sucesso, se tiver sido realizado avança para o próximo passo, senão verifica o motivo do erro. A figura 6.6 é um fluxograma que esquematiza mais detalhadamente o funcionamento do algoritmo. Quando é encontrado o local do erro, esta informação é armazenada em um arquivo, juntamente com o tipo de erro (se virou na saída errada ou contou o número de interseções erradas).

Levando em consideração que cada interseção do mapa é um encontro de retas (ruas), os pontos possíveis de passagem por um sujeito forma uma estrutura de um grafo, sendo que os encontros de retas são os vértices e as retas são as arestas. Sendo assim, o algoritmo de verificação se assemelha a um algoritmo de busca em uma matriz de adjacência. Os pontos são carregados nas listas e analisados. É realizada uma busca dos

pontos do arquivo na lista de pontos corretos, não encontrado, verifica então seus vizinhos para determinar o tipo de erro.

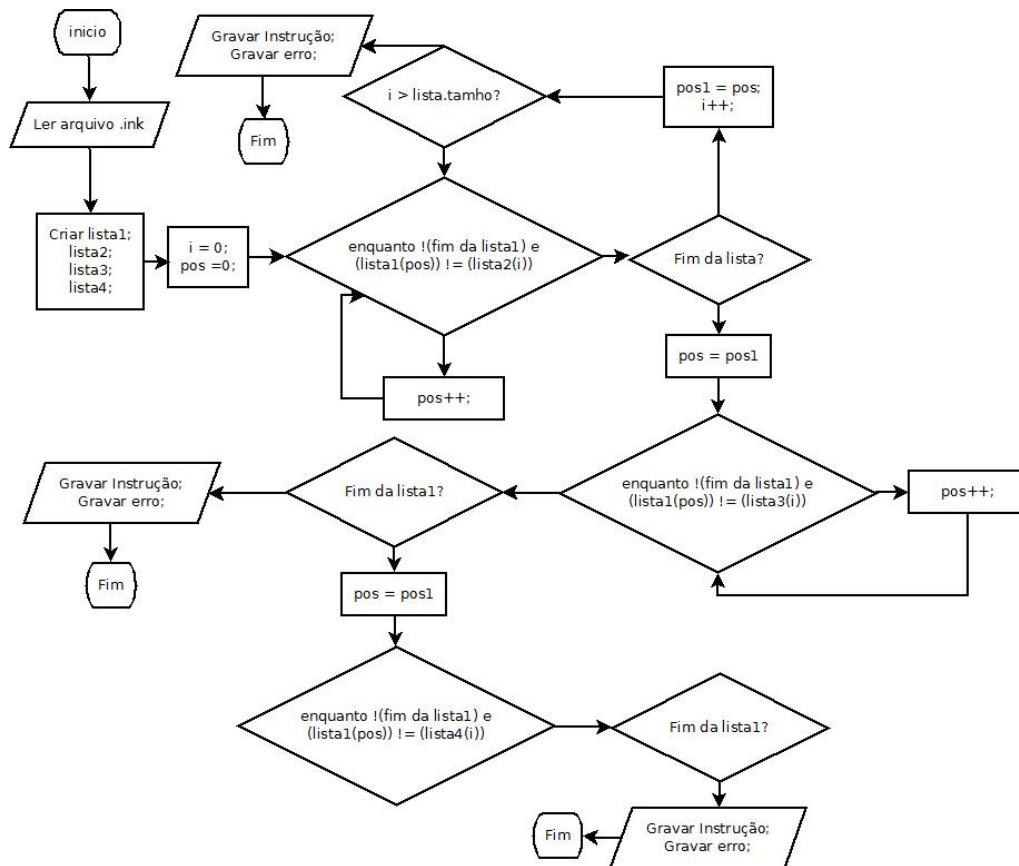


Figura 6.6: Algoritmo, em fluxograma, para detectar o erro.

As listas, citadas no algoritmo, representam coordenadas em diferentes situações. A seguir uma breve explicação:

- Lista 1: Lista com os pontos do arquivo InkML;
- Lista 2: Lista com os pontos corretos de cada passo;
- Lista 3: Lista com os pontos anteriores aos pontos corretos;
- Lista 4: Lista com os pontos posteriores ao ponto correto.

Os resultados, produzidos pelo software, são tabulados, o que permite uma análise mais aprofundada dos resultados globais do teste. A tabela 6.1 mostra um exemplo de alguns dados capturados. Além dos dados tabulados os arquivos originais em InkML com o percurso ficam disponíveis para serem acessados a qualquer momento novamente.

A tabela 6.1 reflete a primeira etapa do teste computacional, onde os avaliados são desafiados a realizar um percurso que observa o raciocínio espacial. Esta primeira etapa consiste em três exercícios (espacial 1, espacial 2 e espacial 3). Neste caso, a análise em torno da tinta digital permite detectar se o usuário fez a instrução correta na primeira ou na segunda execução. Em caso de um erro na primeira execução, a primeira parte (C

Tabela 6.1: Resultados da primeira etapa do teste

Pont.	Espacial 1							Espacial 2						Espacial 3							
Nome	C	E	C	E	T	N	B	C	E	C	E	T	N	B	C	E	C	E	T	N	B
Est. A	0	0	0	0	79	2	0	3	2	2	1	140	0	0	4	1	0	0	294	1	4
Est. B	0	0	0	0	38	2	0	0	0	0	0	99	2	1	0	0	0	0	95	2	1
Est. C	0	0	0	0	93	2	0	0	0	0	0	171	2	3	5	1	0	0	182	1	1

e E) aponta respectivamente em qual comando foi realizado o erro e o tipo de erro (1 para erro por virar na saída incorreta ou 2 para erro por contar o número de interseções errada), se o erro for na segunda execução, a segunda parte dentro do mesmo exercício (espacial 1, espacial 2 ou espacial 3) aponta respectivamente o comando e o erro. A cada erro do sujeito é debitado 1 ponto. Para cada instrução é dada uma nota (N), sendo 2 a nota máxima. Além disso, são armazenados os tempos (T) em segundos de cada exercício e a quantidade de vezes que a borracha (B) foi utilizada.

Na tabela é possível observar que nenhum estudante errou no primeiro exercício, porém somente o estudante B conseguiu acertar todos os exercícios desta primeira etapa. Geralmente os exercícios aumentam o grau de dificuldade a medida que vai passando para o próximo. Isto acaba refletindo nos resultados, onde o tempo total para a execução acaba aumentando e o número de erros começam a surgir. Nestes três exemplos somente foram apontados erros por virar de forma incorreta, ou seja, entrar na rua errada. É possível observar também que todos eles usaram a borracha em algum momento. O teste ainda constitui de mais duas etapas com três exercícios e os dados são tabulados como apresentado na tabela anterior.

Por definição, cada exercício tem um valor de dois pontos. Se realizado corretamente na primeira tentativa, o sujeito recebe os dois pontos. Se realizado corretamente na segunda tentativa o sujeito recebe um ponto. Caso contrário recebe zero pontos. Um relatório contendo a pontuação por exercício, por etapa e total fica disponível para o avaliador. Observando os exemplos da tabela, o estudante A nesta primeira etapa conseguiu 3 pontos, o estudante B conseguiu os 6 pontos e o estudante C conseguiu 5 pontos.

Esta segunda aplicação já apresentou uma análise mais detalhada acerca de um teste. Por apresentar coordenadas percorridas por um sujeito, um arquivo de tinta permite realizar uma análise automática em atividades que envolvem traços simples, uma vez que, como visto no capítulo de testes, a maioria destes testes envolvem objetivos simples como alcançar pontos em uma determinada ordem ou encontrar uma saída em um labirinto. Cada teste possui um método para realização, portanto a análise se torna individual. Porém, através do teste de pensamento computacional, é possível notar que analisar um traço e mapear uma atividade são tarefas realizáveis através do uso de tinta digital.

6.3 Avaliação da ferramenta

A qualidade de um software pode ser definida pela conformidade com os requisitos estabelecidos. Assim, o primeiro passo na avaliação do software desenvolvido foi feito pelos autores do teste de Pensamento computacional que verificaram que a análise dos dados obtidos com a tinta digital de fato permitem obter as informações necessárias para a avaliação de forma automática, e conferem com as informações que seriam obtidas através de uma análise manual feita por peritos. Portanto do ponto de vista da captura e análise de dados a tinta digital mostrou-se adequada para este teste que utiliza traços simples.

Após a implementação de uma primeira versão do teste de Pensamento Computacional, alguns profissionais e pesquisadores das áreas de educação e psicologia tiveram a oportunidade de avaliar características do teste. Para isto, foi elaborado um questionário contendo oito itens a respeito do teste computacional automatizado 6.7. Em cada item o avaliador atribuiu uma nota de 1 a 6 (sendo que 1 corresponderia à pior nota e 6 à melhor nota) conforme sua percepção de como as características expressas nos itens foram implementadas no teste. Um total de 12 especialistas na área avaliaram a ferramenta. O resultado da avaliação é apresentado na figura 6.7. Para facilitar a visualização do mesmo, as 6 notas foram divididas em três grupos, sendo que notas 1 e 2 foram consideradas como problemas não existentes ou pequenos, as notas 3 e 4 foram considerados problemas médios e as notas 5 e 6 foram considerados problemas grandes ou catastróficos.

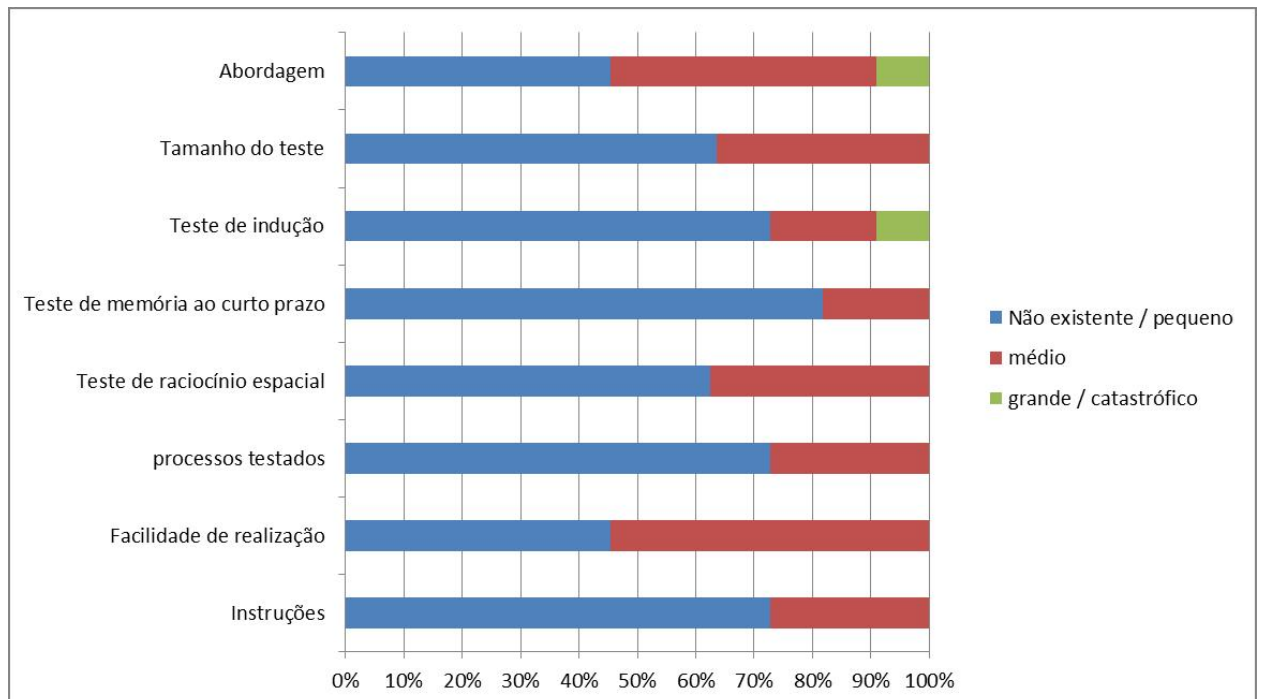


Figura 6.7: Gráfico com resultados do teste de pensamento computacional automatizado.

É importante observar que esta avaliação se refere ao uso da tinta digital como ferramenta de avaliação, mas principalmente ao teste em si. Como é possível observar, o resultado foi majoritariamente positivo, sendo que dos oito itens somente 2 (Abordagem e Teste de indução) tiveram avaliadores que julgaram estes itens como fracos. Estes resultados levaram à modificações nos exercícios do teste que foram implementados na ferramenta.

Junto com este questionário, um segundo questionário foi elaborado, focando na usabilidade do sistema, de acordo com as heurísticas de Nielsen. A avaliação heurística é um método popular para identificar problemas no design de interface de usuários, através de um pequeno conjunto de avaliadores, para examinar a interface e avaliar a conformidade deles com os princípios de usabilidade reconhecidos [33]. Por se tratar de um grupo de avaliadores que não é especialista em interfaces, o questionário tomou como base o que foi proposto por Nielsen, realizando algumas alterações e ampliando a aplicação, para torná-lo acessível ao grupo. O questionário seguiu o padrão do anterior mantendo uma escala que permite notas de 1 a 6, porém agora com 10 itens para avaliar.

O segundo questionário foi aplicado junto com o primeiro para os especialistas nas áreas de educação e psicologia para que eles pudessem julgar questões de implementação da ferramenta, incluindo aspectos como termos, estética, mensagens, entre outros. Os resultados são apresentados no gráfico (figura 6.8).

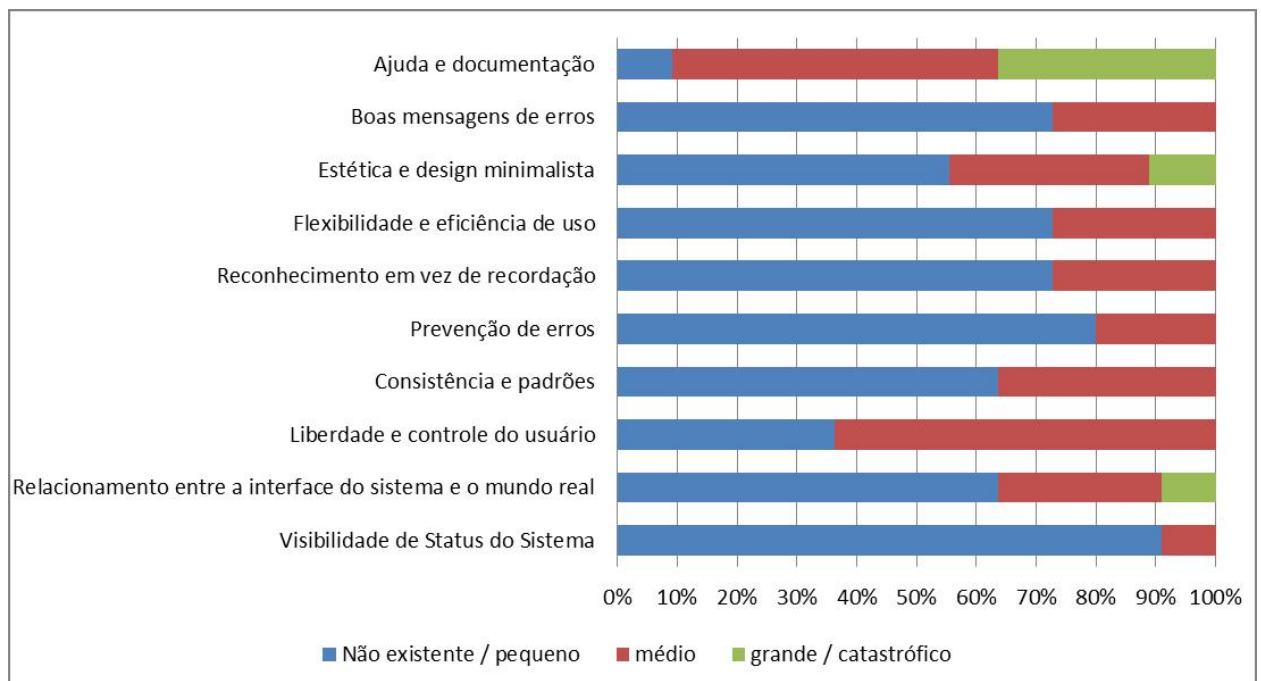


Figura 6.8: Gráfico com resultados de usabilidade do teste de pensamento computacional automatizado.

Assim como no primeiro questionário, o segundo que possuía uma escala de 1 a 6 foi resumido em três grupos. Neste caso, o item mais criticado foi a ausência de ajuda

e documentação no decorrer do teste. O teste foi desenvolvido sem pensar em uma forma do usuário abrir alguma opção de ajuda para reler alguma instrução que foi dada no início, sendo que em uma folha de papel ele teria a capacidade de voltar para a primeira página a qualquer momento. Outros dois itens tiveram pontos negativos, sendo eles estética e design minimalista e relacionamento entre a interface do sistema e o mundo real, porém nestes itens os pontos positivos foram bem maiores que os pontos negativos.

Além do questionário aplicado aos profissionais de psicologia e educação, a ferramenta também foi aplicada aos estudantes do primeiro período do curso de Ciência da Computação da Universidade Federal de Goiás. Junto com a ferramenta foi perguntado a estes estudantes como eles avaliam a tinta digital em relação ao lápis e papel, dando uma nota de 1 a 5, sendo a menor nota caso não encontre nenhuma relação até a maior nota para uma relação tão forte ao ponto de substituir o lápis e papel. As respostas informadas geraram o gráfico que pode ser visto na figura 6.9

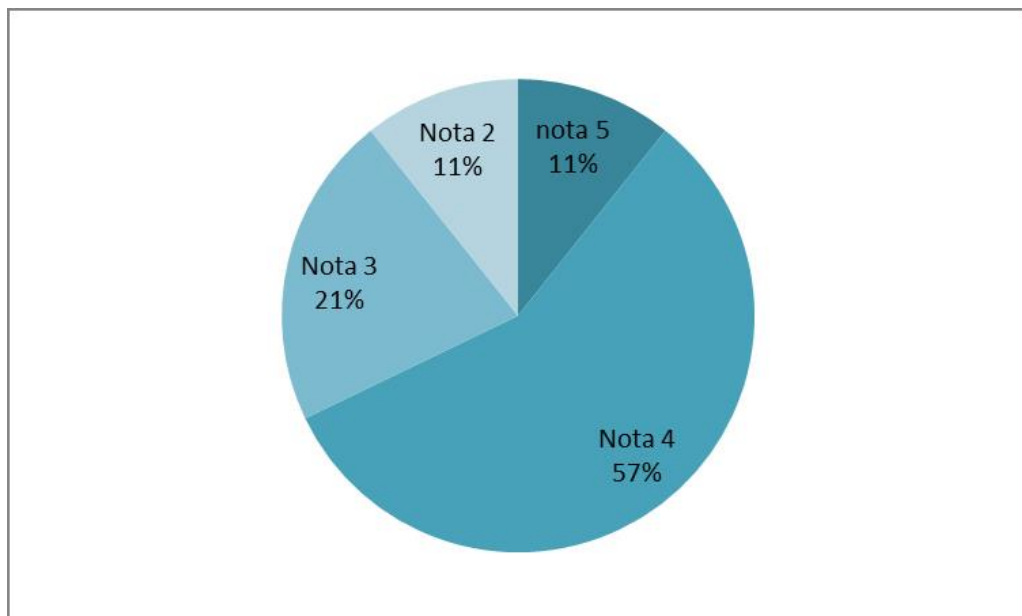


Figura 6.9: Gráfico com resultados do questionário realizado com estudantes.

Com o gráfico é possível verificar que as notas 4 e 5 obtiveram a maior parcela, confirmando o que já havia sido levantado em outros trabalhos que a tinta digital é uma excelente aliada na substituição de tarefas tradicionais utilizando papel e lápis. Não foram obtidas nenhuma nota 1, o que é um bom resultado e teve uma pequena parcela que votaram 2 ou 3.

No geral, as duas aplicações demonstraram os benefícios do uso da tinta digital para o contexto de testes gráficos, sendo que na primeira aplicação é possível ter uma visão mais genérica da automatização de testes, sendo que pode ser aplicada a qualquer outro teste sem muitas mudanças. Nesta primeira aplicação é possível criar, armazenar e

reproduzir uma avaliação usando a tinta digital. Já a segunda aplicação, além de apresentar a visão genérica demonstrada na primeira ferramenta, ainda traz uma grande colaboração no sentido de correção, apontando se o sujeito acertou ou errou, caso o sujeito tenha errado, o tipo do erro e o local que ocorreu. As aplicações em nenhum momento deixa a desejar nos itens que dizem respeito a avaliação.

Considerações finais

Este trabalho discute o uso de tinta digital como ferramenta de apoio para avaliações que usam desenho. o uso de tinta digital permite automatizar testes com desenho seguindo uma tendência já vista com testes de multipla escolha e que utilizam a escrita. Vale observar que ainda são poucas as pesquisas com este enfoque, e portanto este é um estudo preliminar para identificar as potencialidades da tinta digital na avaliação com desenhos.

Em um primeiro momento, a tinta digital serve simplesmente como um novo meio para a realização de testes antes feitos com lápis e papel, isto é, substitui-se o papel pela tela e o lápis pela caneta. No entanto, esta simples transferência traz uma série de vantagens, incluindo a possibilidade de capturar mais informações durante a avaliação como tempo e traços individuais, além de permitir o armazenamento do processo de realização dos testes que podem ser posteriormente reproduzidos passo a passo. Neste primeiro momento, os testes são apenas capturados, armazenados e reproduzidos. A correção fica por conta do avaliador, que analisa o resultado e emite seu parecer.

Assim como ocorreu com a escrita, o passo seguinte é automatizar a análise permitindo que a correção dos testes possa ser feita automaticamente ou pelo menos de maneira semi-automática, gerando relatórios que auxiliam o avaliador no seu parecer.

Uma análise de testes gráficos ou com desenhos mostrou que existem testes de basicamente dois tipos: aqueles que envolvem desenhos complexos (Figura Complexa de Rey-Osterrieth, HTP, Bender) e aqueles que utilizam traços simples (labirinto, trilhas e pensamento computacional). Naturalmente, a análise de traços simples é mais fácil que analisar desenhos complexos, uma área de pesquisa que tem atraído o interesse de vários pesquisadores. Analisar um desenho ou figura implica em poder extrair partes da imagem e associá-las a um conceito, uma tarefa complexa, já que a maioria dos conceitos não têm uma única imagem associada, e mesmo quando têm, como é o caso de figuras geométricas, o desenho realizado pode apresentar o conceito de maneira distorcida. Isto implica em ter recursos flexíveis de identificação de conceitos. Dada a complexidade da tarefa optou-se por uma abordagem incremental, começando do mais fácil indo pra o mais difícil. Assim, este trabalho focou a análise de traços simples, como base para uma análise

de desenhos mais complexos no futuro.

Para mostrar a viabilidade do uso da tinta digital na avaliação com desenhos foram desenvolvidas duas aplicações usando testes psicológicos como estudos de caso. Na implementação foi usada a linguagem C# para aplicações que rodam no .NET framework e que oferece bibliotecas para a manipulação da tinta digital. O formato InkML foi usado para o armazenamento da tinta digital. A ferramenta foi instalada em tablets pc da marca Dell disponíveis nos laboratórios do Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás.

A primeira aplicação, de uso mais geral, corresponde ao primeiro passo da investigação, e permite a captura, armazenamento e reprodução de testes feitos usando a tinta digital. O estudo de caso para esta ferramenta foi o teste da Figura Complexa de Rey-Osterrieth que envolve um desenho geométrico complexo. Na verdade, os procedimentos de captura, armazenamento e reprodução são gerais, e podem ser usados por qualquer aplicação com tinta digital. No entanto, as regras de aplicação dos testes podem variar, e neste caso envolvem primeiro uma cópia da figura e depois de alguns minutos uma reprodução da figura de memória. Assim a ferramenta foi desenvolvida para reproduzir as mesmas regras de aplicação encontradas nos testes tradicionais.

Esta ferramenta foi apresentada a vários psicólogos, e também em um congresso de computação, e o feedback dado foi bastante positivo. A seguir seria necessário comparar os resultados da aplicação do teste automatizado com o teste tradicional em um grupo de sujeitos para verificar se a validade do instrumento é mantida quando feita a automatização.

A segunda ferramenta usou como base a primeira para a captura, armazenamento e reprodução da tinta digital, confirmando a viabilidade de adaptação da ferramenta para diferentes contextos, com o adicional de análise automática dos traços realizados. O estudo de caso utilizou o teste de Pensamento Computacional que envolve percorrer trajetos definidos em um mapa. Através da análise dos traços armazenados foi possível verificar se o sujeito realizou a instrução corretamente, e caso não tenha realizado corretamente, analisa também o tipo de erro que ocorreu emitindo um relatório com uma nota baseada em critérios definidos pelos autores do teste. Para isto foi desenvolvido um algoritmo que analisa os traços feitos pelo sujeito de uma maneira flexível usando uma adaptação do algoritmo de matriz de adjacências.

No atual estágio de desenvolvimento a ferramenta permite que um avaliador possa acessar arquivos de teste, ver a quantidade de erros cometidos pelo sujeito no percurso, rever a execução do arquivo de uma forma dinâmica sempre que necessário para uma análise, ao contrário do que acontece com um teste realizado com papel e lápis. Note-se, no entanto, que apesar da ferramenta emitir um relatório, o parecer final deve ser feito por um profissional que interpreta esses resultados dentro do contexto.

Este último capítulo ainda discute mais algumas considerações finais acerca do que foi apresentado na dissertação. Na primeira parte são discutidas as dificuldades encontradas durante o decorrer da pesquisa, bem como as dificuldades encontradas para a adaptação da ferramenta. A segunda parte apresenta as possibilidades identificadas de trabalhos futuros.

7.1 Limitações e dificuldades

Durante o decorrer da pesquisa, o trabalho procurou se basear em ferramentas já existentes que adotavam a tinta digital como suporte para avaliações, tanto no âmbito educacional quanto no meio da psicologia. Através de um levantamento bibliográfico, no âmbito da psicologia, foram encontradas ferramentas, com uso de tinta digital, que capturavam desenhos de triângulos ou palavras no intuito de estudar a escrita, principalmente em crianças. Já no âmbito da educação foram encontradas ferramentas que dão suporte a atividades dissertativas, visto que a tinta digital promove um ambiente próximo ao tradicionalmente usado na escrita (lápiz e papel). Infelizmente os projetos encontrados foram poucos e principalmente na área da escrita, que apesar de também utilizar a tinta digital, apresentam requisitos de análise muito distintos. O projeto com o uso de triângulos que usa figuras geométricas foi o mais próximo da proposta deste trabalho, mas os documentos obtidos deste trabalho não detalhavam a implementação frustrando maiores comparações. A principal contribuição destes trabalhos para o projeto foi a indicação do formato InkML adotado.

Foi desenvolvida, para a realização dos testes, duas aplicações desktop, limitadas ao sistema operacional Windows, o que dificulta uma aplicação em grande escala, já que muitos computadores não possuem telas sensíveis ao toque, e em diferentes dispositivos móveis, que usam um sistema operacional distinto. A escolha pelo uso deste sistema operacional deu-se pela existência de Tablets PCs, dispositivos disponíveis no ambiente de pesquisa (Universidade Federal de Goiás), fruto de um projeto anterior, e que tinham se mostrado ferramentas interessantes para uso da tinta digital pelos alunos. No entanto, a disseminação de desktops com telas sensíveis ao toque e novos tablets com o sistema operacional Windows podem diminuir o impacto das restrições apresentadas. Uma sendo que se fosse criado de outro modo poderia sofrer limitações nas aplicações. Além disto, o fato da aplicação não ser uma aplicação Web, mostrou-se pouco prático, já que toda nova versão tinha que ser instalada em todos os tablets usados. No futuro, uma migração para a Web é fundamental.

Outra limitação encontrada tem a ver com a análise dos traços. O algoritmo utilizado para encontrar e detectar o motivo do erro no caso do teste de Pensamento Computacional foi desenvolvido exclusivamente para o problema proposto, sendo que

para diferentes problemas seria necessário desenvolver algoritmos distintos, não estando clara a possibilidade de reuso dos procedimentos desenvolvidos. Já a parte de captura e execução dinâmica é facilmente reutilizada como demonstrado no projeto.

Felizmente, as limitações não impediram de alcançar os objetivos do trabalho, porém deixaram questões abertas para trabalhos futuros. Na próxima seção são apresentadas estas e outras propostas identificadas no decorrer do projeto.

7.2 Trabalhos Futuros

A pesquisa apresentada aqui teve sua contribuição para a ciência, mostrando que é possível utilizar tinta digital para análise de testes que envolvem traços, atingindo o objetivo proposto. Os resultados obtidos mostram a viabilidade da proposta e incentivam sua continuidade. Algumas propostas de trabalhos futuros observadas durante a realização do projeto mas que não puderam ser implementadas por falta de tempo ou por estarem fora do escopo do projeto:

- Uma versão web das ferramentas, assim como já ocorre com outras ferramentas que utilizam tinta digital, permitindo assim o acesso por qualquer dispositivo móvel que possua um navegador, e, dependendo da implementação, o navegador deve ter o javascript habilitado.
- Criação de um algoritmo mais genérico para correção automática de testes que envolvem traços, capturando o estilo e a direção, facilitando assim os próximos trabalhos.
- Adaptação da ferramenta para uso em outros testes psicológicos ou educacionais, como por exemplo os testes de labirinto, ou qualquer outro teste que envolva somente traços.
- Verificação da possibilidade de automatização de testes que envolvem desenhos mais complexos, tomando como estudo o teste da figura complexa de Rey. Utilização de técnicas que envolvem inteligência computacional.

Referências Bibliográficas

- [1] AHMED, S.; WEBER, M.; LIWICKI, M.; LANGENHAN, C.; DENGEL, A.; PETZOLD, F. **Automatic analysis and sketch-based retrieval of architectural floor plans.** *Pattern Recognition Letters*, 35:91–100, 2014.
- [2] ALAMARGOT, D.; CHESNET, D.; DANSAC, C.; ROS, C. **Eye and pen: A new device for studying reading during writing.** *Behavior Research Methods*, 38(2):287–299, 2006.
- [3] AMBROSIO, A.; XAVIER, C.; GEORGES, F. **Digital ink for cognitive assessment of computational thinking.** In: *Frontiers in Education Conference (FIE), 2014 IEEE*, p. 1–7, Oct 2014.
- [4] ARMITAGE, S. G. **An analysis of certain psychological tests used for the evaluation of brain injury.** *Psychological Monographs*, 60(1):i, 1946.
- [5] BAH, T. **Inkscape: Guide to a Vector Drawing Program (Digital Short Cut).** Pearson Education, 2009.
- [6] BATTERY, A. I. T. **Manual of directions and scoring**, 1944.
- [7] BENLLOCH-DUALDE, J.-V.; BUENDIA, F.; LEMUS, L.; CANO, J.-C.; GUTIERREZ CUBA, J.; LOPEZ-MALO, A.; PALOU, E. **Redesigning engineering courses by introducing digital ink technology.** In: *Frontiers in Education Conference, 2013 IEEE*, p. 44–49. IEEE, 2013.
- [8] BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. **UML-GUIA DO USUARIO: TRADUÇÃO DA SEGUNDA EDIÇÃO.** Elsevier Brasil, 2000.
- [9] BORSA, J. C. **Considerações sobre o uso do teste da casa-árvore-pessoa-htp.** *Avaliação Psicológica*, 9(1):151–154, 2010.
- [10] BRAY, T.; YERGEAU, F.; MALER, E.; PAOLI, J.; SPERBERG-MCQUEEN, M. **Extensible markup language (XML) 1.0 (fifth edition).** W3C recommendation, W3C, Nov. 2008. <http://www.w3.org/TR/2008/REC-xml-20081126/>.

- [11] BUCK, J. N. **Htp: casa-árvore-pessoa, técnica projetiva de desenho: manual e guia de interpretação.** São Paulo: Vetor, 2003.
- [12] CORPORATION, M. **Ink serialized format specification.** Technical report, Microsoft, 2007.
- [13] CUNY, J.; SNYDER, L.; WING, J. M. **Demystifying computational thinking for non-computer scientists.** *Unpublished manuscript in progress, referenced in <http://www.cs.cmu.edu/~CompThink/resources/TheLinkWing.pdf>*, 2010.
- [14] FISS, J.; AGARWALA, A.; CURLESS, B. **Candid portrait selection from video.** In: *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, volume 30, p. 128. ACM, 2011.
- [15] FUJISAWA, J.; JACKSON, D.; FERRAILOLO, J. **Scalable vector graphics (SVG) 1.1 specification.** W3C recommendation, W3C, Jan. 2003. <http://www.w3.org/TR/2003/REC-SVG11-20030114/>.
- [16] GHORBEL, A.; ANQUETIL, E.; CAMILLERAPP, J.; LEMAITRE, A. **Imisketch: An interactive method for sketch recognition.** *Pattern Recognition Letters*, 35(0):78 – 90, 2014. *Frontiers in Handwriting Processing*.
- [17] GIORDANO, D.; MAIORANA, F. **Addressing dysgraphia with a mobile, web-based software with interactive feedback.** In: *Biomedical and Health Informatics (BHI), 2014 IEEE-EMBS International Conference on*, p. 264–268, June 2014.
- [18] GOOGLE. **Google docs.** <https://www.google.com/forms/about/>. acessado em 18 de Abril de 2015.
- [19] HEJLSBERG, A.; WILTAMUTH, S.; GOLDE, P. **C# Language Specification.** Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA, 2003.
- [20] HU, R.; WATT, S. M. **Inkchat: A collaboration tool for mathematics.** In: *Electronic Proceedings of the 2013 Workshop on Mathematical User Interface, MathUI*, volume 13, 2013.
- [21] JAMUS, D. R.; MADER, M. J. **A figura complexa de rey e seu papel na avaliação neuropsicológica.** *J. epilepsy clin. neurophysiol*, 11(4):193–198, 2005.
- [22] KHALID, P. I.; YUNUS, J.; ADNAN, R.; HARUN, M.; SUDIRMAN, R.; MAHMOOD, N. H. **The use of graphic rules in grade one to help identify children at risk of handwriting difficulties.** *Research in Developmental Disabilities*, 31(6):1685 – 1693, 2010.

- [23] KOILE, K.; SINGER, D. **Improving learning in cs1 via tablet-pc-based in-class assessment.** In: *Proceedings of the second international workshop on Computing education research*, p. 119–126. ACM, 2006.
- [24] MICROSOFT. **C#.** <https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/kx37x362.aspx/>. acessado em 12 de Abril de 2015.
- [25] MICROSOFT. **Microsoft surface.** <https://www.microsoft.com/surface/en-us>. acessado em 25 de Abril de 2015.
- [26] MICROSOFT. **Tablet pc.** [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms704849\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms704849(v=vs.85).aspx). acessado em 01 de Junho de 2015.
- [27] MICROSOFT. **Visual studio.** <https://www.visualstudio.com/>. acessado em 18 de Abril de 2015.
- [28] MODES, F. S. **Automatizando o teste da figura complexa de rey para android,** 2015.
- [29] MOHAN, K.; LU, C. **Recognition of online handwritten mathematical expressions.** Technical report, Stanford, 2013.
- [30] MONTEIRO, C.; LEAL, J. P. **HandSpy - a system to manage experiments on cognitive processes in writing.** In: Simões, A.; Queirós, R.; da Cruz, D., editors, *1st Symposium on Languages, Applications and Technologies*, volume 21 de **OpenAccess Series in Informatics (OASlcs)**, p. 123–132, Dagstuhl, Germany, 2012. Schloss Dagstuhl–Leibniz-Zentrum fuer Informatik.
- [31] MONTEIRO, C.; LEAL, J. P. **Managing experiments on cognitive processes in writing with handspy.** *Computer Science and Information Systems*, 10(4):1747–1773, 2013.
- [32] MOORE, G. E.; OTHERS. **Progress in digital integrated electronics.** *IEDM Tech. Digest*, 11, 1975.
- [33] NIELSEN, J. **Finding usability problems through heuristic evaluation.** In: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '92, p. 373–380, New York, NY, USA, 1992. ACM.
- [34] PEREIRA JUNIOR, C. X.; AMBROSIO, A. P. L.; F, G. **Avaliação de tarefas com uso de tinta digital.** In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, SBC*, p. 151–155, 2014.

- [35] PEREIRA JUNIOR, C. X.; AMBROSIO, A. P. L.; F, G. **Written assessments with digital ink**. In: *International Conference on Computational Science and Its Applications (ICCSA), 2014 IEEE*, p. 249–258, 2014.
- [36] PORTEUS, S. D. **Porteus Maze Tests: Fifty years' application**. Pacific Books, 1965.
- [37] PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Design de interação**. Grupo A, 2005.
- [38] PROJETO DAAR. **Handspy**. <http://daar.up.pt/HandSpy/version2.html>. acessado em 12 de Maio de 2015.
- [39] PROVENSÍ, L. L.; COSTA, F. M.; SACRAMENTO, V. **Tinta digital em aplicações multimídia para ambientes móveis**. In: *Companion Proceedings of the XIV Brazilian Symposium on Multimedia and the Web*, p. 49–52. ACM, 2008.
- [40] ROYALL, D. R.; CORDES, J. A.; POLK, M. **Clox: an executive clock drawing task**. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 64(5):588–594, 1998.
- [41] SIMÕES, M. R. **Utilizações da wisc-iii na avaliação neuropsicológica de crianças e adolescentes**. *Paidéia*, 12(23):113–132, 2002.
- [42] SIOZOS, P.; PALAIGEORGIU, G.; TRIANTAFYLLAKOS, G.; DESPOTAKIS, T. **Computer based testing using “digital ink”: Participatory design of a tablet pc based assessment application for secondary education**. *Computers & Education*, 52(4):811–819, 2009.
- [43] SUTHERLAND, C. J.; PLIMMER, B. **vsink: Integrating digital ink with program code in visual studio**. In: *Proceedings of the Fourteenth Australasian User Interface Conference - Volume 139, AUIC '13*, p. 13–22, Darlinghurst, Australia, Australia, 2013. Australian Computer Society, Inc.
- [44] SVM. **Support vector machines**. <http://www.support-vector-machines.org/>. acessado em 22 de Novembro de 2015.
- [45] TABATABAEY-MASHADI, N.; SUDIRMAN, R.; GUEST, R.; KHALID, P. **Analyses of pupils' polygonal shape drawing strategy with respect to handwriting performance**. *Pattern Analysis and Applications*, p. 1–16, 2014.
- [46] THE MOODLE PROJECT. **Moodle**. <https://moodle.org/>. acessado em 18 de Abril de 2015.
- [47] THE MOODLE PROJECT. **Short answer analysis**. https://docs.moodle.org/29/en/Short_answer_analysis. acessado em 01 de junho de 2015.

- [48] VARADARAJAN, A.; PATEL, N.; MAXIM, B.; GROSKY, W. **Analyzing the efficacy of using digital ink devices in a learning environment.** *Multimedia Tools and Applications*, 40(2):211–239, 2008.
- [49] VAUCHER, P.; HERZIG, D.; CARDOSO, I.; HERZOG, M. H.; MANGIN, P.; FAVRAT, B. **The trail making test as a screening instrument for driving performance in older drivers; a translational research.** *BMC geriatrics*, 14(1):123, 2014.
- [50] WATT, S. M.; FROUMENTIN, M.; CHEE, Y.-M. **Ink markup language (InkML).** Last call WD, W3C, Oct. 2006. <http://www.w3.org/TR/2006/WD-InkML-20061023>.
- [51] WECHSLER, D. **WISC-III: Wechsler intelligence scale for children: Manual.** Psychological Corporation, 1991.
- [52] WECHSLER, S. M.; SCHELINI, P. W. **Validade do desenho da figura humana para avaliação cognitiva infantil.** *Avaliação Psicológica*, 1(1):29–38, 2002.
- [53] WOBBEROCK, J. O.; WILSON, A. D.; LI, Y. **Gestures without libraries, toolkits or training: a \$1 recognizer for user interface prototypes.** In: *Proceedings of the 20th annual ACM symposium on User interface software and technology*, p. 159–168. ACM, 2007.