

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE INFORMÁTICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**EXTRAÇÃO DE MÉTRICAS DE USABILIDADE  
À PARTIR DE PROTÓTIPOS DE  
FIDELIDADE MISTA**

**GUSTAVO BASEGGIO DAS VIRGENS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Orientador: Dra. Milene Selbach Silveira

**Porto Alegre  
2010**

V816e Virgens, Gustavo Baseggio das  
Extração de métricas de usabilidade a partir de protótipos de  
fidelidade mista / Gustavo Baseggio das Virgens. – Porto  
Alegre, 2010.  
112 f.

Diss. (Mestrado) – Fac. de Informática, PUCRS.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Milene Selbach Silveira.

1. Informática. 2. Engenharia de Software. 3. Software –  
Avaliação. I. Silveira, Milene Selbach. II. Título.

CDD 005.1

**Ficha Catalográfica elaborada pelo**  
**Setor de Tratamento da Informação da BC-PUCRS**



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul  
FACULDADE DE INFORMÁTICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

## TERMO DE APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Dissertação intitulada "Extração de Métricas de Usabilidade a partir de Protótipos de Fidelidade Mista", apresentada por Gustavo Baseggio Das Virgens, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação, Sistemas Interativos e de Visualização, aprovada em 18/01/10 pela Comissão Examinadora:

Prof. Dra. Milene Selbach Silveira -  
Orientadora

PPGCC/PUCRS

Prof. Dr. João Batista Souza de Oliveira -

PPGCC/PUCRS

Prof. Dr. Marcelo Soares Pimenta -

UFRGS

Homologada em 03/10/2012, conforme Ata No. 21 pela Comissão Coordenadora.

Prof. Dr. Fernando Gehm Moraes  
Coordenador.

**PUCRS**

**Campus Central**

Av. Ipiranga, 6681 - P32 - sala 507 - CEP: 90619-900

Fone: (51) 3320-3611 - Fax (51) 3320-3621

E-mail: [ppgcc@pucrs.br](mailto:ppgcc@pucrs.br)

[www.pucrs.br/facin/pos](http://www.pucrs.br/facin/pos)

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe e à namorada por todo o apoio e compreensão desde o início desta caminhada.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Milene Silveira, pelo voto de confiança no meu trabalho e pela dedicação em me orientar durante esta trajetória.

Ao meu amigo e colega Tiago Silva pelas diversas dicas durante a condução da minha pesquisa e pelas parcerias nas várias e várias procissões ao bar para comprar café.

Ao convênio PUCRS/HP que viabilizou financeiramente a possibilidade de dar um importante passo em minha vida.

Às bandas de rock inglesas do final da década de 60 e início da década de 70 que ajudaram a aliviar o stress nos momentos mais complicados.

# EXTRAÇÃO DE MÉTRICAS DE USABILIDADE A PARTIR DE PROTÓTIPOS DE FIDELIDADE MISTA

## RESUMO

Hoje em dia, uma considerável parte das avaliações de usabilidade realizadas nos ciclos de desenvolvimento de software é conduzida em etapas mais avançadas nestes ciclos. Algumas destas avaliações dependem ainda que protótipos totalmente funcionais sejam construídos, para que possam ser aplicadas, sendo comumente realizadas após o desenvolvimento e implantação do software. Este fator contribui significativamente para o aumento no custo de produção. Neste sentido, a partir de pesquisas sobre prototipação e engenharia de usabilidade e da condução de uma revisão sistemática sobre métricas para avaliação de usabilidade, o presente trabalho apresenta uma abordagem que permite que a avaliação de usabilidade seja antecipada, efetuando-a por meio da utilização de protótipos – de fidelidade mista - elaborados mediante o uso de uma ferramenta computacional. Esta ferramenta auxilia na criação e simulação de protótipos de interfaces, além de permitir coletar as seguintes métricas de usabilidade, para posterior análise: sucesso de tarefas, desistência de tarefas, tempo na tarefa, esforço, equilíbrio de tela, simetria de tela, balanço de tela, seqüenciamento, ordem e complexidade e escala de usabilidade do sistema. Além das métricas que são coletadas pela ferramenta, de forma automática, são propostas as seguintes métricas, a serem coletadas a partir da observação dos usuários utilizando os protótipos criados: sucesso parcial de tarefa, número de erros, auxílio e documentação, tempo de ajuda e raiva ou frustração. A análise das métricas obtidas permite apontar áreas do sistema com possíveis problemas de usabilidade. Além disto, a execução de novos testes utilizando as interfaces refinadas com o auxílio da abordagem permite quantificar as melhorias realizadas pelas mudanças de *layout* efetuadas. Além da abordagem, o trabalho apresenta seu uso em um experimento realizado com usuários. Este experimento permitiu verificar que, apesar de nem todas as métricas possíveis de serem coletadas de protótipos contribuírem para o refino das interfaces, ainda assim foi possível reduzir o número de problemas de usabilidade.

Palavras chave: protótipo, métricas, avaliação de usabilidade.

# USABILITY METRICS EXTRACTION FROM MIXED-FIDELITY PROTOTYPES

## ABSTRACT

Nowadays, a considerable part of usability evaluations carried out during the software development lifecycle is conducted at later stages. Some of these assessments depend on the creation of fully functional prototypes, so they can be applied, and they're commonly performed after the development and deployment of software. This factor contributes significantly to the increase in cost of production. In this sense, from the research of prototyping, usability engineering and the conduction of a systematic review, this work presents an approach that allows the usability evaluation anticipation, through the use of mixed-fidelity prototypes created via the use of a computational tool. This tool assists in the creation and simulation of prototype interfaces, and enables collecting the following metrics of usability, for further analysis: task success, giving up on tasks, time on task, effort, screen balance, screen symmetry, screen balance, sequencing, order and complexity and system usability scale. In addition to the metrics that are collected by the tool automatically, other metrics are proposed to be collected from the observation of users using the prototypes created: partial success of the task, number of errors, help and documentation, time help, anger or frustration. The analysis of the obtained metrics point to areas of the system with potential usability problems. Moreover, the execution of new tests using the interfaces refined with the approach aid allow us to quantify the improvements resulting of the layout changes. In addition to the approach, the work presents its use in an experiment conducted with users. This experiment showed that, although not all the metrics that can be collected from prototypes contribute to the refinement of interfaces, it was still possible to reduce the number of usability problems by just analyzing the results of the metrics.

Keywords: prototype, metrics, usability evaluation.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: COMPARATIVO DE UTILIZAÇÃO DE PROTOTIPAÇÃO E MÉTRICAS EM ALGUMAS METODOLOGIAS DA ENGENHARIA DE USABILIDADE.....	52
TABELA 2: RESULTADOS OBTIDOS NA EXECUÇÃO DOS TESTES COM USUÁRIOS CONHECEDORES DO SOFTWARE. ....	68
TABELA 3: DADOS COLETADOS COM A EXECUÇÃO DA PRIMEIRA TAREFA. ....	70
TABELA 4: DADOS COLETADOS COM A EXECUÇÃO DA SEGUNDA TAREFA. ....	71
TABELA 5: DADOS COLETADOS COM A EXECUÇÃO DA TERCEIRA TAREFA.....	71
TABELA 6: DADOS COLETADOS COM A EXECUÇÃO DA QUARTA TAREFA. ....	72
TABELA 7: DADOS COLETADOS COM A EXECUÇÃO DA QUINTA TAREFA. ....	72
TABELA 8: VALORES OBTIDOS DAS MÉTRICAS RELACIONADAS A LAYOUT. ....	73
TABELA 9: VALORES OBTIDOS DA ESCALA DE USABILIDADE DO SISTEMA [10]. ....	74
TABELA 10: COMPARATIVOS ENTRE AS MÉDIAS OBTIDAS E OS VALORES ESPERADOS.....	74
TABELA 11: NÚMERO DE PROBLEMAS ENCONTRADOS POR AVALIADOR NA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA. ....	77
TABELA 12: DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DOS GRAUS DE SEVERIDADE.....	78

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: PROTÓTIPO DE POÇO FEITO POR DA VINCI, EXTRAÍDA DE WWW.IHUP.EDU.....	15
FIGURA 2: PROTÓTIPO FEITO A MÃO EM PAPEL, EXTRAÍDO DE WWW.NNGROUP.COM. ....	17
FIGURA 3: COMPS MOSTRANDO DUAS PROPOSTAS DIFERENTES DE DESIGN [23]. ....	18
FIGURA 4: PARTE SUPERIOR DE UM WIREFRAME CONSTRUÍDO PARA UM WEB SITE EXTRAÍDO DE WEBINSIDER.UOL.COM.BR. ....	19
FIGURA 5: SCREENSHOT DO DENIM [20]. ....	23
FIGURA 6: CRIAÇÃO DE UM PROTÓTIPO COM O AUXÍLIO DA FERRAMENTA AXURE. ....	24
FIGURA 7: CRIAÇÃO DE UM PROTÓTIPO COM O AUXÍLIO DA FERRAMENTA VISIO. ....	25
FIGURA 8: <i>STORYBOARD</i> DO FILME KICKER DE MARC HERMANN, EXTRAÍDO DE WWW.KICKERFILM.DE. ....	26
FIGURA 9: <i>STORYBOARDING</i> DE UMA INTERFACE [49] .....	27
FIGURA 10: PROCESSO DE PROTOTIPAÇÃO <i>THROW-AWAY PROTOTYPING</i> [18]. ....	29
FIGURA 11: PROCESSO DE PROTOTIPAÇÃO INCREMENTAL <i>PROTOTYPING</i> [18]. ....	29
FIGURA 12: PROCESSO DE PROTOTIPAÇÃO <i>EVOLUTIONARY PROTOTYPING</i> [18]. ....	30
FIGURA 13: EXEMPLO DE DIAGRAMA DE CASOS DE USO [74]. ....	32
FIGURA 14: UM CASO DE USO ESSENCIAL PARA A LOCALIZAÇÃO DE UM LIVRO EM UMA BIBLIOTECA [52]. ....	33
FIGURA 15: TEMPLATE PARA DESENHO DE TAREFAS PROPOSTO POR SNYDER [67]. ....	34
FIGURA 16: EXEMPLO DE DESENHO DE TAREFAS UTILIZANDO O TEMPLATE PROPOSTO POR SNYDER [67]. ....	35
FIGURA 17: <i>STORYBOARD</i> CRIADO COM A ABORDAGEM SVSB [31] .....	37
FIGURA 18: ILUSTRAÇÃO DO PROCESSO DE ENGENHARIA DE USABILIDADE DE MAYHEW [38]. ....	40
FIGURA 19: PROCESSO XPNUE PROPOSTO POR OBENDORF [48]. ....	42
FIGURA 20: REPRESENTAÇÃO DO PROCESSO PROPOSTO PELO <i>EXTREME DESIGNING</i> [64]. ....	44
FIGURA 21: CICLO DE VIDA ESTRELA DE HIX E HARTSON [26]. ....	45
FIGURA 22: VISÃO GERAL DA ARQUITETURA. ....	58
FIGURA 23: FERRAMENTA DE APOIO A PROTOTIPAÇÃO. ....	59
FIGURA 24: PROGRAMA RESPONSÁVEL PELA EXECUÇÃO DA SIMULAÇÃO DOS PROTÓTIPOS. ....	61
FIGURA 25: EXEMPLO DE APRESENTAÇÃO DAS MÉTRICAS COLETADAS. ....	64

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
1.1. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	12
1.2. OBJETIVO	13
1.3. METODOLOGIA	13
1.4. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	14
<b>2. PROTOTIPAÇÃO</b>	<b>15</b>
2.1. PROTOTIPAÇÃO EM PAPEL	16
2.1.1. <i>Vantagens e Benefícios</i>	20
2.1.2. <i>Processo de Testes</i>	21
2.2. PROTOTIPAÇÃO AUXILIADA POR COMPUTADOR	22
2.3. <i>STORYBOARDING</i>	25
2.4. PROCESSO DE CRIAÇÃO DE PROTÓTIPOS	28
2.4.1. <i>Cenários</i>	31
2.4.2. <i>Casos de Uso</i>	32
2.4.3. <i>Casos de Uso Essenciais</i>	33
2.4.4. <i>Desenho de Tarefas (Task Design)</i>	34
2.4.5. <i>Desenho das Interfaces</i>	35
2.5. CRÍTICAS	37
<b>3. UTILIZAÇÃO DA PROTOTIPAÇÃO E STORYBOARDING NA ENGENHARIA DE USABILIDADE</b>	<b>39</b>
3.1. <i>USABILITY ENGINEERING LIFECYCLE</i>	39
3.2. <i>USABILITY ENGINEERING</i>	40
3.3. <i>XPnUE</i>	42
3.4. <i>EXTREME DESIGNING</i>	43
3.5. CICLO DE VIDA ESTRELA	44
<b>4. MÉTRICAS PARA AVALIAÇÃO DE USABILIDADE</b>	<b>46</b>
4.1. ACESSIBILIDADE	46
4.2. MÉTRICA ÚNICA	47
4.3. <i>DESIGN</i>	48
4.4. DEMAIS MÉTRICAS	48
<b>5. PROPOSTA DE ABORDAGEM PARA EXTRAÇÃO DE MÉTRICAS DE USABILIDADE A PARTIR DE PROTÓTIPOS</b>	<b>52</b>
5.1. MÉTRICAS SELECIONADAS	54
5.2. FERRAMENTA PARA PROTOTIPAÇÃO E EXTRAÇÃO DE MÉTRICAS	57
5.2.1. <i>Arquitetura da Ferramenta</i>	57
5.2.2. <i>Possibilidades de Uso da Ferramenta</i>	62
5.3. AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE DESIGN COM USO DA FERRAMENTA	62
<b>6. ANÁLISE DA PROPOSTA</b>	<b>65</b>

6.1. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	65
6.2. EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO .....	68
6.2.1. <i>Perfil dos Participantes do Teste</i> .....	69
6.2.2. <i>Dados Obtidos na Sessão de Testes com Usuários</i> .....	70
6.2.3. <i>Refinamento do Protótipo</i> .....	75
6.2.4. <i>Avaliação por especialistas</i> .....	76
<b>7. CONCLUSÃO .....</b>	<b>79</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICE A – REVISÃO SISTEMÁTICA .....</b>	<b>89</b>
<b>APÊNDICE B – CENÁRIO E TAREFAS .....</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE .....</b>	<b>108</b>
<b>APÊNDICE D – TEMPLATE DOS RELATÓRIOS DA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA.....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXO A – ESCALA DE USABILIDADE DO SISTEMA .....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXO B - ACORDO ÉTICO .....</b>	<b>112</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje, a utilização cada vez maior e mais abrangente dos computadores evidencia a necessidade de que os sistemas interativos atuais devem se adaptar às mais variadas áreas do conhecimento humano e aos mais variados tipos de usuários.

Segundo Nielsen [46], para que um sistema consiga efetivamente auxiliar na execução das tarefas é necessário que sua interface seja de fácil aprendizagem, de forma que uma determinada tarefa possa ser rapidamente aprendida e executada. Uma vez aprendida esta tarefa, é importante para o usuário que o sistema ofereça eficiência no uso e também que os passos executados possam ser lembrados facilmente nas próximas interações.

Além dos já citados, outro fator preponderante a ser observado no *design* de interações humano-computador é a satisfação do usuário em relação ao uso do sistema.

A satisfação, no entanto, pode ser prejudicada por interfaces nas quais não há preocupação com a clareza na comunicação e com a eficiência na execução das funcionalidades, o que pode dificultar a conclusão de uma tarefa ou ainda induzir os usuários a erros. Estes problemas geralmente passam despercebidos e podem prejudicar a usabilidade do sistema como um todo [77]. A usabilidade, portanto, é a qualidade que caracteriza o uso dos softwares e depende de um acordo entre as características de interface, dos usuários, do ambiente e das tarefas [17].

Uma alternativa para projetar um sistema que seu uso seja adequado ao dia-a-dia dos usuários e seja, também, satisfatório, é incentivar a participação do cliente e sua interação com a equipe de *design*, realizando avaliações formativas com opções de *design* elaboradas para as interfaces propostas.

As avaliações formativas de usabilidade são realizadas a fim de melhorar a qualidade das interfaces gráficas e a interação através destas. Estas avaliações são executadas no início do ciclo de desenvolvimento dos sistemas quando o *layout* das interfaces ainda não está totalmente definido. Em geral, para este fim, são construídos protótipos destas interfaces para que sejam testadas e avaliadas com usuários finais [18]. De acordo com Beyer e Holtzblatt [6], estes protótipos agem como um meio de comunicação entre o *designer* e os clientes, permitindo que os usuários, ao interagir com

o 'novo sistema', possam contribuir com sua experiência para um desenho mais apropriado às necessidades do trabalho.

Com o uso de protótipos e a partir da medição de alguns aspectos, como, por exemplo, eficácia, eficiência e satisfação, é possível se verificar quais aspectos dos *layouts* das telas precisam ser melhorados. E, a definição de métricas e a coleta de dados durante uma seção de testes com usuários permitem que as melhorias realizadas em função dos resultados obtidos possam ser medidas e analisadas.

É neste âmbito, de possibilitar a coleta de métricas de usabilidade a partir do uso de protótipos, ainda nas fases iniciais dos projetos, que este trabalho está sendo realizado.

### **1.1. Identificação do Problema**

Segundo Donyaee [19], a maioria das avaliações de usabilidade realizadas hoje em dia necessitam de um protótipo totalmente funcional, sendo, algumas destas, realizadas após o desenvolvimento e implantação do software. Neste sentido, Nielsen & Mack [47] argumentam que o custo para regularizar eventuais problemas de usabilidade é menor se estas avaliações forem conduzidas antecipadamente. Quanto mais tarde os problemas de usabilidade forem detectados, mais alto será o custo, tanto de trabalho quanto financeiro.

Desta maneira, as equipes de desenvolvimento de software devem atentar em realizar as avaliações de usabilidade o quanto antes em seus ciclos, tão logo os primeiros requisitos de negócio sejam levantados.

Para auxiliar na antecipação de avaliação de usabilidade existem diversas abordagens, como as baseadas em cenários, em modelos e em protótipos, dentre outras. O foco deste trabalho está na utilização de protótipos como base para se tentar antecipar as avaliações de usabilidade dentro dos ciclos de desenvolvimento de software.

## 1.2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é apresentar uma abordagem, com foco na extração de métricas a partir de protótipos computadorizados, que visa auxiliar os profissionais que trabalham com desenvolvimento de software a testar a usabilidade dos produtos por eles desenvolvidos ainda nas fases iniciais dos projetos, visando à redução dos custos de produção mencionados na seção anterior.

## 1.3. Metodologia

No intuito de atingir o objetivo mencionado anteriormente, realizou-se inicialmente um estudo sobre técnicas de prototipação. Este estudo buscou conhecer as principais técnicas utilizadas, bem como seus processos de criação e teste. Um segundo estudo buscou conhecer também como os protótipos e as avaliações de usabilidade – a partir deles realizadas - são utilizadas em alguns processos de engenharia de usabilidade.

Como o foco principal deste trabalho são as métricas, decidiu-se, visando conhecer seu estado da arte, realizar uma revisão sistemática da literatura existente. Este tipo de revisão, segundo Kitchenham [34], é uma maneira criteriosa de identificar, avaliar e interpretar as pesquisas disponíveis acerca de uma questão específica, tópico ou fenômeno de interesse. De acordo com a autora, muitas podem ser as razões para a condução de uma revisão sistemática, a deste trabalho é identificar e sumarizar as evidências existentes acerca de técnicas, métodos ou abordagens que propõem métricas para avaliação de usabilidade.

A revisão resultou em um extenso conjunto de métricas aplicáveis aos mais diversos contextos e sistemas. Este conjunto foi então reduzido, segundo critérios pré-estabelecidos, a um subconjunto de métricas aplicáveis a protótipos. Estas métricas são descritas no capítulo 4 e o detalhamento da Revisão pode ser visto no Apêndice A.

A partir da identificação dos problemas apontados na subseção 1.1, dos estudos realizados e da condução da Revisão Sistemática, elaborou-se uma proposta de abordagem para antecipar a avaliação de usabilidade a partir do uso de métricas e de protótipos automatizados por computador, Nos passos seguintes, a fim de avaliar a proposta, deu-se a elaboração e condução de um experimento que visava testar se a

utilização da abordagem proposta consegue, de fato, antecipar problemas de usabilidade e reduzi-los.

#### **1.4. Estruturação do Trabalho**

Este trabalho está organizado da seguinte forma: nos capítulos dois e três é apresentado o referencial teórico que aborda a prototipação de interfaces, os diferentes tipos de prototipação e as técnicas envolvidas na sua criação e, também, como estas técnicas estão atualmente inseridas nos processos de engenharia de usabilidade. O capítulo quatro apresenta o resultado da revisão sistemática realizada durante esta pesquisa. Os capítulos cinco e seis apresentam respectivamente a estruturação da proposta e o resultado do experimento realizado para avaliá-la. Uma discussão e as conclusões acerca do trabalho são apresentadas no capítulo final, o qual é seguido das referências utilizadas para sua confecção.

## 2. PROTOTIPAÇÃO

A prototipação, como é conhecida nos dias de hoje, apesar de parecer algo relativamente novo, na verdade é uma técnica bastante antiga que remonta aos tempos dos grandes inventores da história. Um exemplo clássico citado por Arnowitz [3] são os detalhados desenhos em papel feitos por Leonardo Da Vinci, ainda no século 15, a fim de ilustrar as suas idéias com relação à engenharia (**Error! Reference source not found.**).

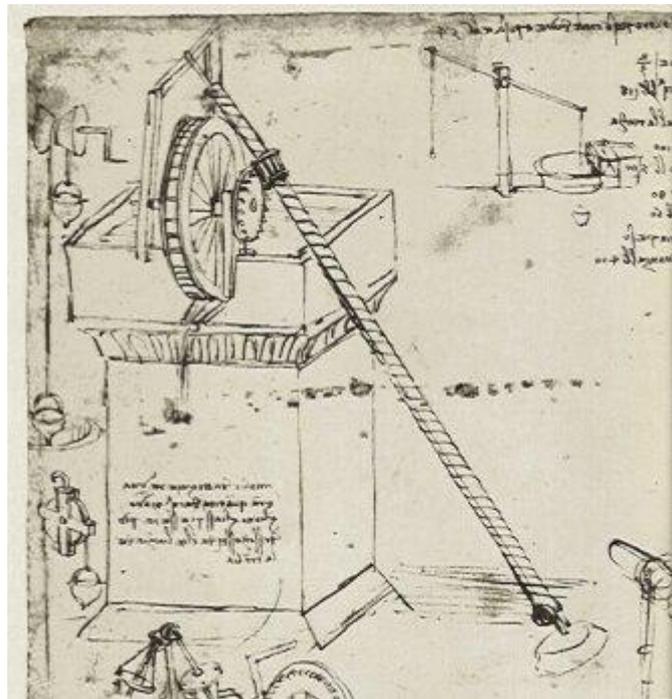


Figura 1: Protótipo de poço feito por Da Vinci, extraída de [www.ihup.edu](http://www.ihup.edu)

Outro grande nome citado é Thomas Edison, que buscava, a partir de seus protótipos, também em papel, não somente ilustrar as suas inovações, mas também comunicar os requisitos de fabricação de suas invenções. Por ter um espírito arguto, perfeccionista e essencialmente cientista [3], Edison trabalhava exaustivamente em seus protótipos, pois os mesmos deveriam sempre funcionar perfeitamente. Ele costumava criar um desenho simples em uma folha de papel para mostrar aos seus colegas. Discussões surgiam a respeito e melhorias nos desenhos eram realizadas. Seu incansável trabalho veio a tornar-se a primeira abordagem para a construção de protótipos. Apesar de os protótipos, no âmbito da Interação Humano-Computador (IHC), terem objetivos distintos aos que eram produzidos no passado, muitas lições podem ser

aprendidas a partir destes precursores e muitas delas são amplamente utilizadas nos dias de hoje, como, por exemplo, as revisões com usuários e *design* iterativo que eram utilizadas por Edison.

Segundo Arnowitz [3], um protótipo pode ser usado para testar desde pequenas até grandes idéias. Dependendo dos objetivos do projeto, a abrangência do protótipo em relação ao sistema pode variar bastante. Um protótipo horizontal contém toda a interface desenhada, mas nenhuma funcionalidade é adicionada aos botões e menus apresentados. Já o vertical contém a implementação completa de uma parte específica do sistema [53]. Além destas duas dimensões outra variante é o nível de detalhamento e os materiais empregados nos desenhos dos protótipos. Os denominados *low-fidelity* (protótipos de baixa fidelidade), em geral, são os que utilizam materiais diferentes dos que são utilizados na versão final do produto, como, por exemplo, um protótipo em papel de um *website* de um banco. Este tipo de protótipo tende a ser simples, de baixo custo e de rápida elaboração. Em contrapartida, protótipos *high-Fidelity* (protótipos de alta fidelidade) possuem o *look-and-feel* do produto final e caracterizam-se por ser totalmente interativos, contendo uma definição clara da navegação no sistema [52].

Como foi visto, os profissionais desenvolvedores de software não foram os primeiros a utilizar a prototipação para visualizar antecipadamente as suas criações. E, as vantagens, motivações e necessidades apresentadas anteriormente no contexto histórico ainda são relevantes nos dias de hoje [3]. Nas subseções a seguir serão discutidos em maiores detalhes alguns tipos mais comuns de prototipação utilizadas atualmente no âmbito do desenvolvimento de software.

## **2.1. Prototipação em Papel**

Segundo Snyder [67], a prototipação em papel é um método bastante utilizado para desenhar, testar e refinar as interfaces de um sistema. No início dos anos 90 era considerada uma técnica marginal, utilizada apenas por alguns profissionais experientes em modelagem de interfaces. Da metade dos anos 90 em diante, profissionais de empresas bastante conhecidas começaram a experimentar o método. A utilidade e os benefícios resultantes destes experimentos fizeram com que empresas como IBM® e Microsoft® introduzissem a prototipação em papel no seu processo de desenvolvimento de software.

Embora para a comunidade de IHC não exista uma definição oficial, única e aceita por todos acerca deste tipo de prototipação, pode-se considerar que prototipação em papel é um método de *brainstorming*, *design*, criação, teste e comunicação de interfaces com o usuário [3,67]. O protótipo feito à mão em papel (**Error! Reference source not found.**) é o primeiro e mais simples que pode ser criado. Ele contém desenhos, geralmente feitos à mão, do *layout* da interface e contém dados reais, para fins de teste. Pode ainda ser utilizado, dentro do processo de desenvolvimento de software, já nas fases iniciais: tão logo as atividades de uma porção significativa do sistema tenham sido modeladas é possível elaborar um protótipo relacionado. Esta técnica de desenho à mão permite simular e testar a interação de maneira rápida, além de proporcionar a identificação precoce de problemas de usabilidade [17].

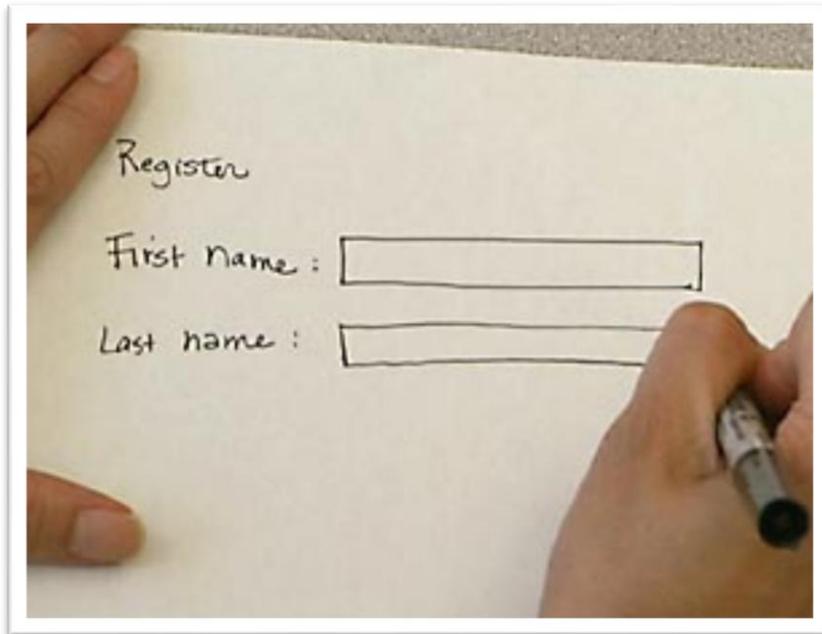


Figura 2: Protótipo feito a mão em papel, extraído de [www.nngroup.com](http://www.nngroup.com).

Há certa divergência de opiniões na literatura sobre prototipação em papel. Para Snyder [67], não se pode confundir um protótipo de papel com *compositions (comps)*, *wireframes* e *storyboarding*.

*Comps* são representações visuais, geralmente de web sites, que mostram a aparência de uma interface, contendo fontes, cores, logotipos, imagens e etc. O objetivo principal para a criação destes é discutir internamente o *design* de uma determinada interface e não testar sua usabilidade. Se os *comps* contivessem dados reais e fossem

impressos, poderiam então se encaixar numa definição de prototipação em papel. A Figura 3 mostra um *composition* para o *design* de um web site.



Figura 3: Comps mostrando duas propostas diferentes de design [23].

*Wireframes* também causam bastante confusão, pois as pessoas os utilizam para diferentes fins. Um *wireframe* define o *layout* de uma página na internet e também a localização das informações nela contidas. Snyder [67] argumenta que um *wireframe* nem sempre é um protótipo em papel, pois pode não conter dados reais, apenas texto para indicar a localização das informações e também por nem sempre ser um trabalho impresso. A Figura 4 apresenta um exemplo de *wireframe* de um *web site*.

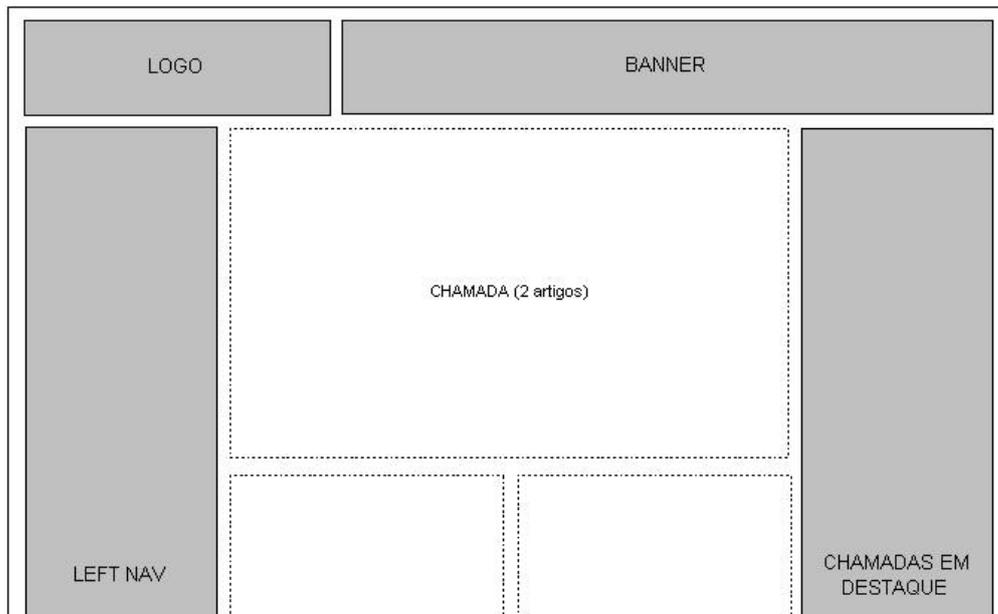


Figura 4: Parte superior de um wireframe construído para um web site extraído de [webinsider.uol.com.br](http://webinsider.uol.com.br).

Já os *storyboards*<sup>1</sup> são uma série de desenhos cuja finalidade é mostrar a interação ao longo da realização da tarefa, podendo ser facilmente convertidos em protótipos de papel, separando as interfaces neles contidas e adicionando as informações necessárias para a interação com o usuário. Para Sharp et al [63] um *storyboard* se encaixa na definição de protótipo em papel adotada, visto que também pode utilizar papel como meio de divulgação.

Existem ainda outros termos que podem ser encontrados na literatura – como *Sketches* [41] e *Mock-ups* [38] – mas, conceitualmente, estes são semelhantes aos protótipos citados anteriormente.

---

<sup>1</sup> A seção 2.3 vai tratar especificamente deste tipo de prototipação.

### 2.1.1. Vantagens e Benefícios

Muitos são os projetos para os quais se torna importante fazer uso da prototipação em papel, embora não haja uma definição clara de quais são estes e como identificá-los. Se o time do projeto contém muitos profissionais ou é interdisciplinar, ou seja, contém pessoas de diferentes áreas da organização, um protótipo em papel pode influenciar positivamente no resultado final do *design*, por não ter as barreiras técnicas para a elaboração (*i.e.* uso do MS Visio®), que, muitas vezes, atrapalham os profissionais que não tem familiaridade com a tecnologia envolvida no projeto [67]. Assim, profissionais que não são da área técnica, podem, facilmente, contribuir com o desenho sem a necessidade de possuir habilidades específicas [22].

Outro fator que pode levar o time de projeto a adotar a prototipação em papel é quando se tem muitas idéias acerca do *design*. Neste caso, fazer um protótipo rapidamente permitirá testar estas diferentes idéias.

Segundo Snyder [67], do ponto de vista de infra-estrutura, a utilização do papel permite que sejam evitados gastos com alocação de recursos computacionais, tais como: computadores, conexões de rede, software e sala, entre outros. A dependência de tecnologia é outro fator importante. Se o projeto ainda está no início e ainda há certa dúvida sobre qual tecnologia será efetivamente utilizada, o uso de papel permitirá que o teste da interface seja realizado, mesmo sem nada definido a este respeito. Como as prototipações em papel são, em geral, construídas nas fases iniciais dos projetos [56], elas permitem que sejam experimentadas diferentes idéias de interação e provêm mais liberdade para a criatividade dos *designers*. Apesar de ser feito em papel, este protótipo permite que sejam combinados desenhos de interface, desenhos de interação e informações – tudo isto em qualquer nível de detalhe, como desejar o criativo<sup>2</sup>. Além de permitir uma rápida construção e modificação [22], a prototipação em papel proporciona ainda a redução nos custos dos projetos, haja vista que as maiores melhorias na

---

<sup>2</sup> Nome utilizado para designar os profissionais da área de criação (*i.e.* nas agências de publicidade).

experiência com o usuário vêm de testes de usabilidade logo nas primeiras fases dos projetos [45].

### 2.1.2. Processo de Testes

Os testes com protótipos em papel consistem em observar o usuário, guiado por uma tarefa pré-definida, interagir com as interfaces desenhadas nos protótipos [27]. Antes que estes protótipos sejam testados com os clientes de fato, recomenda-se realizar testes internos com outros membros da equipe a fim de dirimir quaisquer problemas na interface [3,67]. Ao definir um conjunto de tarefas (este tema será abordado em maior detalhe na seção 2.4) que nortearão o desenho dos protótipos faz-se necessário, para realizar este teste, estabelecer, entre os membros da equipe de desenvolvimento, quem executará qual dos três papéis que devem ser desempenhados durante a execução: Facilitador, Observador e Computador. De acordo com Snyder [67] o Facilitador é a pessoa que tratará das questões administrativas do teste, como:

- explicar, aos demais condutores do teste, como se portar durante a execução;
- recepcionar os participantes;
- explicar como o teste vai ocorrer;
- coletar assinaturas nos Termos de Compromisso;
- cuidar o tempo do teste;
- encerrar o teste.

O Observador é a pessoa que ficará realizando anotações durante o teste sobre os problemas que irão ocorrer durante a interação do usuário. Este observador anota cada um dos problemas encontrados e faz inferências sobre o que ele julga ter causado tal problema. Já o Computador é a pessoa que fica segurando e manejando o protótipo conforme o usuário interage com o mesmo. Seu propósito é realizar exatamente as tarefas que o computador executaria se o software em questão estivesse funcionando, como, por exemplo, se o usuário interagir com o menu, este deve manejar o protótipo para executar tal ação.

Com os resultados do teste é realizada uma reunião com os observadores e o restante da equipe de *design* e demais gerentes do projeto, para que sejam discutidas as anotações feitas pelos observadores durante a seção de teste. As melhorias discutidas na

reunião são agregadas ao *design* e novos desenhos são realizados. Porém, para Snyder [67], a melhoria da interface é realizada ainda durante a seção de teste, enquanto que para Arnowitz [3] e Holtzblatt [27] estas melhorias são realizadas somente após a discussão de todos os itens. Ao final de todos os testes e refinamentos nos desenhos, deve-se gerar a documentação dos testes, que pode ser:

- Documento de especificação de Interface: como os protótipos são desenhos das interfaces que já foram testadas, podem servir como base para a criação de uma especificação detalhada sobre como a interface definitiva deve ser;
- Documento de comportamento de Interface: este relatório contém descrita a forma como a interface testada foi utilizada. As informações contidas neste relatório são elaboradas pelo membro da equipe que desempenhou o papel de computador durante a seção de testes;
- Lista com os dez principais problemas encontrados.

## 2.2. Prototipação Auxiliada por Computador

Outra forma de criar protótipos é utilizar um aplicativo de computador que auxilie na criação. De acordo com Newman [42], a utilização de uma ferramenta para elaborar protótipos facilita o desenvolvimento e modificação dos *layouts* das telas. Possibilita ainda a criação de ligações entre as telas, possibilitando a navegação entre elas. Existe uma série de aplicativos no mercado que permitem a criação de protótipos, como, por exemplo: Denim, Axure®, Visio® e outras ferramentas de RAD (*Rapid Application Development*) também. A seguir serão apresentadas brevemente algumas destas ferramentas.

Pesquisadores da universidade de Berkeley criaram um aplicativo denominado DENIM [43]. Esta ferramenta (Figura 5) permite que *designers* construam esboços de web sites em diferentes níveis de refinamento – mapa de site, seqüência de páginas e páginas individuais. Além de o protótipo manter uma aparência de esboço, é possível ainda criar ligações entre as telas e executar o protótipo para testar a interação criada.

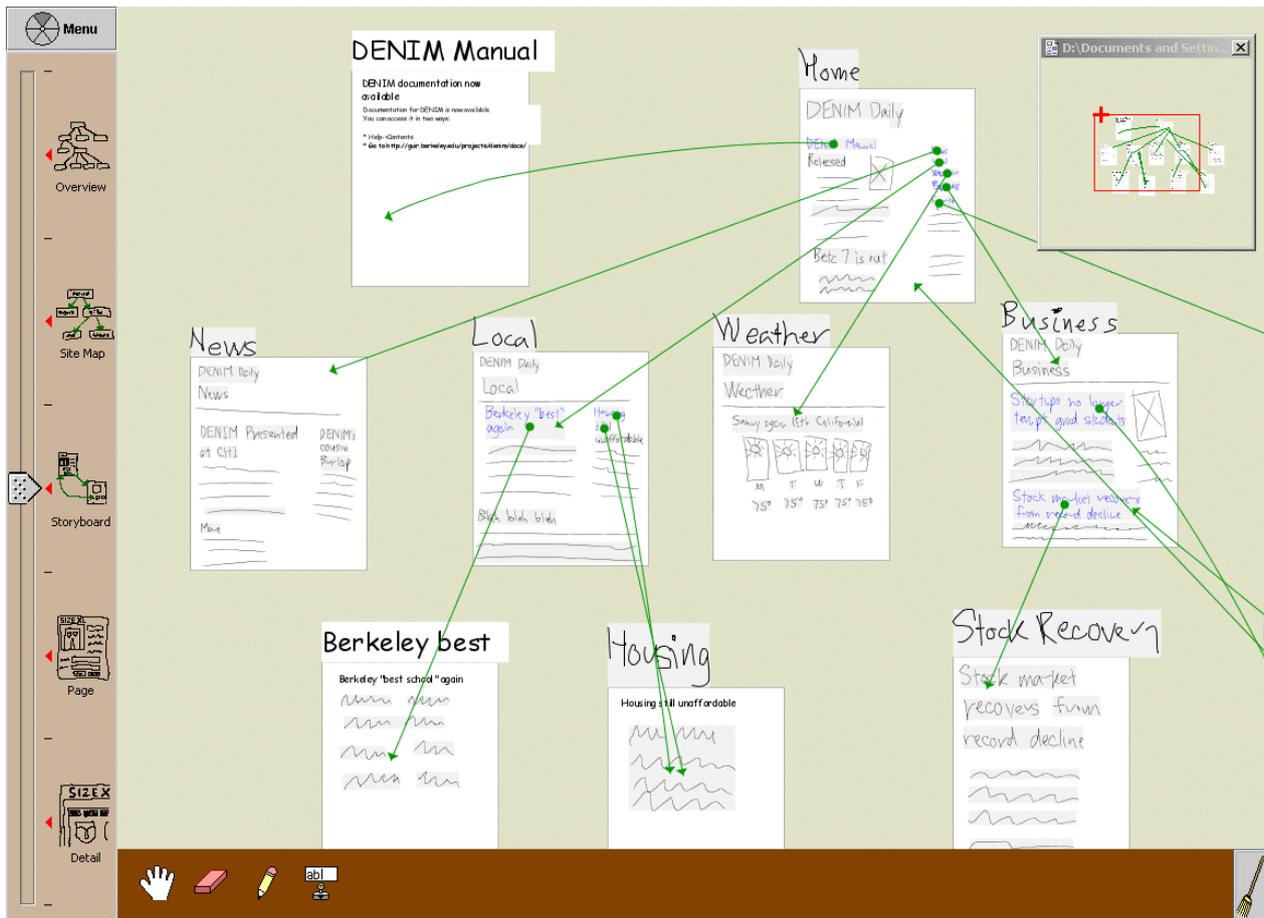


Figura 5: Screenshot do DENIM [20].

Axure RP® é uma ferramenta para prototipação e *wireframing* de web sites e aplicações web em geral. Ela permite que *designers* criem protótipos que comportem-se como web sites reais, visto que é possível interagir com os *designs* e formulários criados. Uma importante funcionalidade permite gerar automaticamente um documento, no formato Microsoft Word®, contendo a especificação da interface. Contrariamente ao DENIM, o Axure RP® não permite navegar entre os protótipos criados clicando nos botões e *links*. A Figura 6 mostra um exemplo de interface sendo construída com o auxílio desta ferramenta.

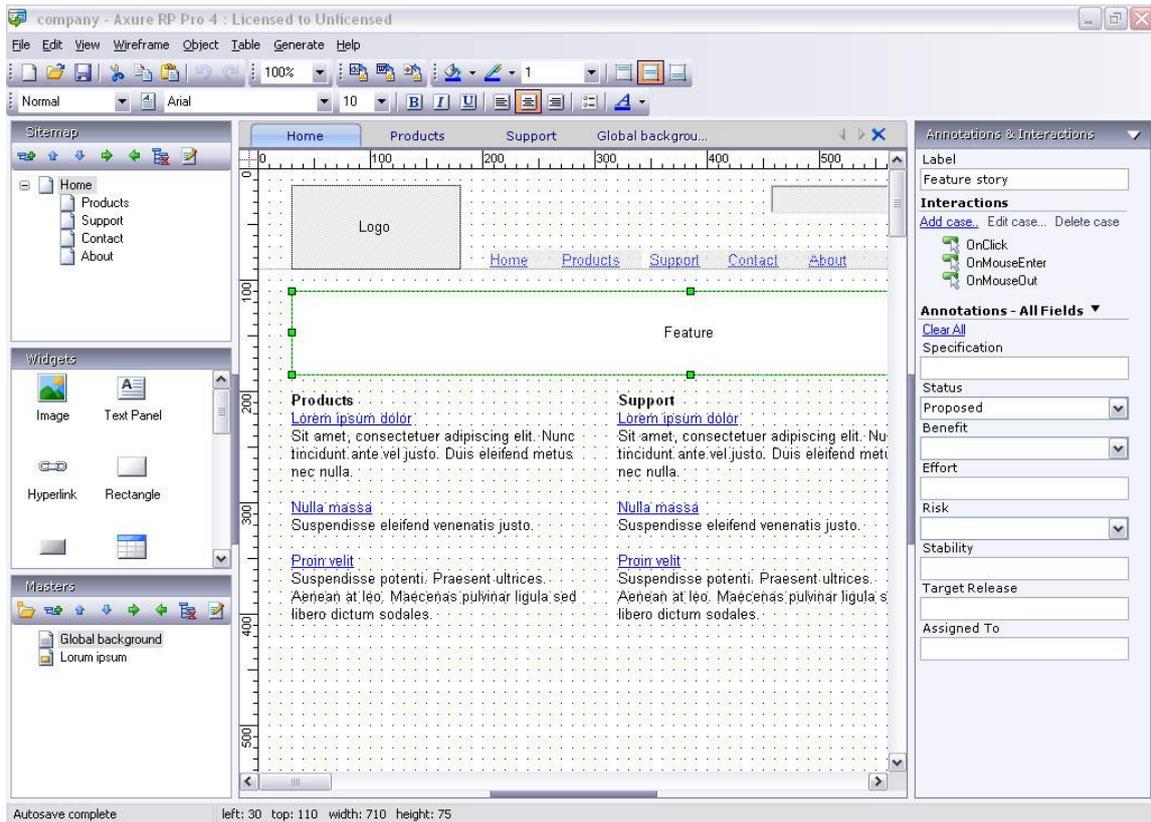


Figura 6: Criação de um protótipo com o auxílio da ferramenta Axure.

Uma alternativa conhecida por muitos é o Microsoft Visio, que é uma ferramenta com diversas finalidades e que permite, inclusive, a criação de protótipos de interfaces para Windows® e Web. Em suas versões mais recentes, além de permitir que sejam criadas ligações entre os protótipos, a ferramenta contém duas listas de componentes, uma com os controles em suas aparências normais e outra com componentes que aparentam estar desenhados, mantendo a aparência de 'esboço' dos *layouts* criados. A Figura 7 mostra um protótipo de um web site sendo criado.

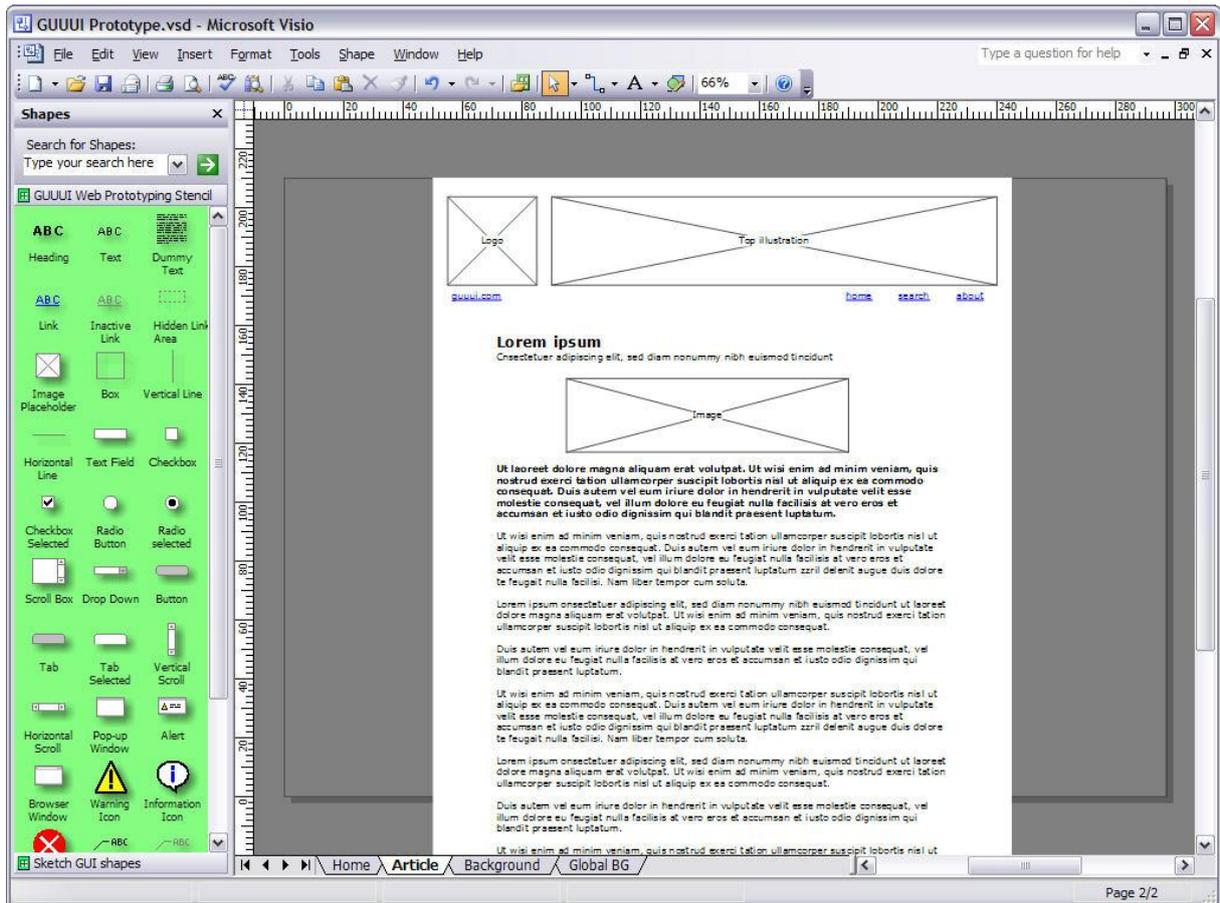


Figura 7: Criação de um protótipo com o auxílio da ferramenta Visio.

Todos os protótipos construídos com qualquer uma das ferramentas aqui descritas podem ser considerados protótipos em papel, desde que sejam impressos [67].

### 2.3. Storyboarding

A prática na criação de *storyboarding* tem uma longa tradição nas comunidades e empresas de filmes (Figura 8), histórias em quadrinhos, televisão e animações em geral.

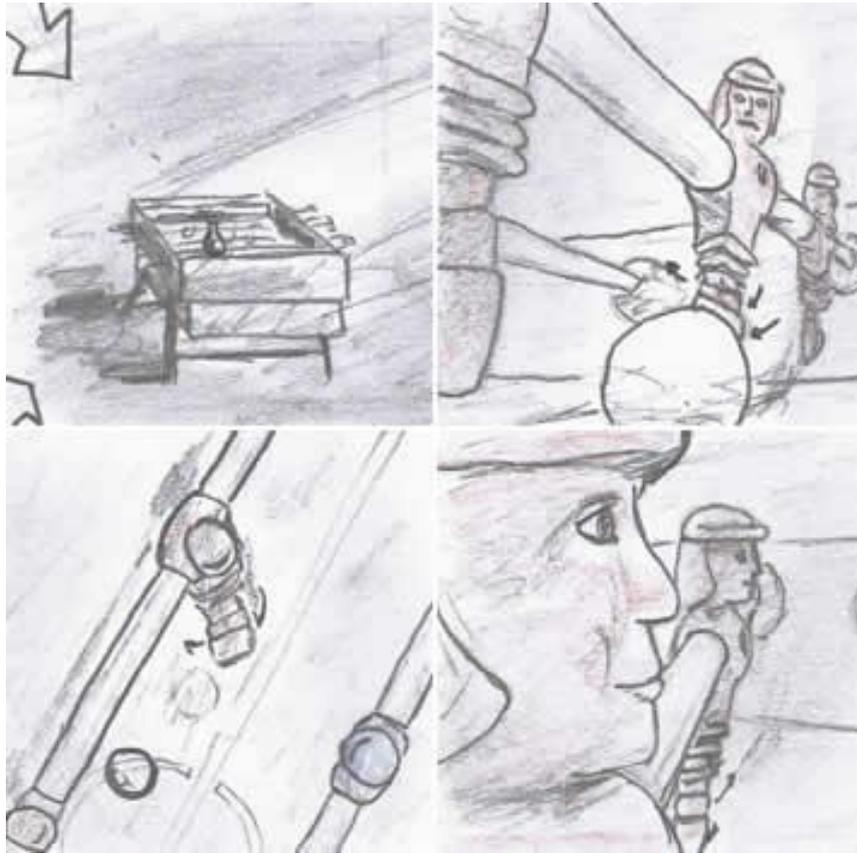


Figura 8: *Storyboard* do filme Kicker de Marc Hermann, extraído de [www.kickerfilm.de](http://www.kickerfilm.de).

*Storyboarding* é uma breve descrição gráfica cujo objetivo principal é demonstrar a interface e os contextos de uso de um determinado sistema [72]. Esta técnica, considerada um protótipo de baixa fidelidade, pode ser usada tanto para descrever a interação com uma interface de um sistema sendo projetado como a interação com um dispositivo qualquer [52]. A Figura 9 apresenta um *storyboarding* criado para um site de Neurociências para crianças.

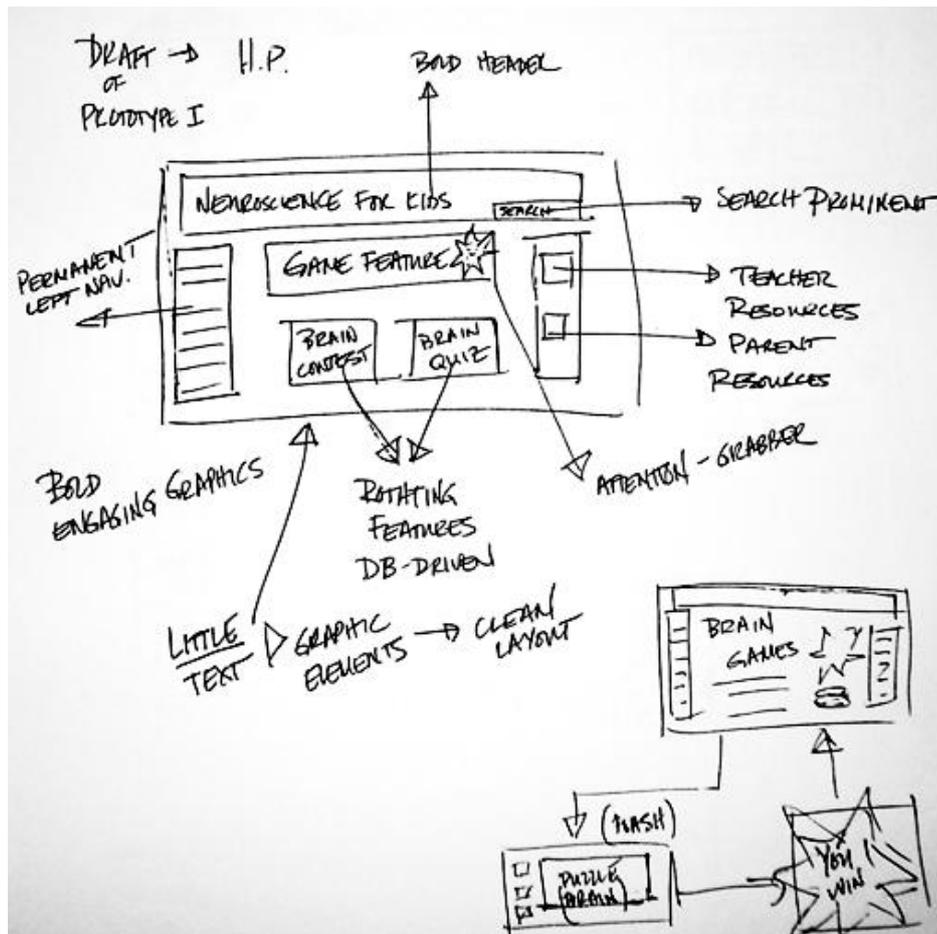


Figura 9: Storyboarding de uma interface [49]

O *Storyboard* evolui conforme o entendimento geral sobre o domínio do sistema projetado evolui [3]. Arnowitz [3] sugere que o *storyboard* seja o principal protótipo nas primeiras etapas do projeto de desenvolvimento de um sistema e que este pode servir de base para outros tipos de protótipos. Para Holtzblatt et al [27] os melhores desenhos de sistema vêm deste tipo de representação. Os autores argumentam que a utilização somente de Casos de Uso no início dos projetos foca a equipe demasiadamente nas atividades do sistema e nas regras de negócio, enquanto que os *storyboards* auxiliam na visualização do fluxo das atividades sob o aspecto do usuário e de seu trabalho [27]. Desta maneira, a utilização de *storyboards* no processo de *design*, ainda que não utilizado para validar aspectos de usabilidade, pode ser uma parte essencial do projeto de interfaces e ajudará a [3]:

- entender corretamente o domínio da aplicação;
- validar os Casos de Uso existentes;
- criar novos Casos de Uso;

- entender como o sistema projetado será usado para alcançar os objetivos das tarefas;
- verificar quais outros fatores afetam como o usuário interage com o *software*.

Já, segundo Curtis e Vertelney [16], um *storyboard* pode ser utilizado com as seguintes finalidades:

- descrever as tarefas com uma série de imagens, mostrando o sistema, os usuários e as condições sob as quais o sistema é utilizado;
- descrever as interfaces com uma série de imagens, enfatizando a resposta do sistema as interações com o usuário.

Holtzblatt et. al. [27] sugerem que após a finalização da elaboração dos *storyboards* os mesmos sejam compartilhados com os outros membros da equipe e com todos os *stakeholders* do projeto. Após o compartilhamento destas informações, um membro da equipe é selecionado para ser o mediador da reunião que coletará o *feedback* dos clientes a respeito do *storyboard*. Nesta reunião, o mediador deve apresentar a seqüência de desenhos que será mostrada e percorrer o *storyboard* passo a passo explicando o que está ocorrendo. À medida que são apresentados os desenhos e surgem as dúvidas dos clientes, devem ser feitas anotações sobre o que foi esquecido de ser inserido nos desenhos e sobre os comentários feitos. A participação dos outros membros da equipe de *design*, além do mediador, é importante, pois as reuniões são informativas e frequentemente tornam-se ótimas sessões de *design* [3]. Por fim, os dados coletados durante a sessão de avaliação são discutidos e servem como base para a melhoria e correção do *storyboard*.

## 2.4. Processo de Criação de Protótipos

O processo de criação de protótipos não é único, não existe um processo que seja tido como o melhor e tampouco o ideal. Existem três principais e diferentes abordagens com propostas distintas para a criação destes [18]: *Throw-Away Prototyping*, *Incremental Prototyping* e *Evolutionary Prototyping*.

No *Throw-Away Prototyping* o protótipo é desenhado e testado (Figura 10). O conhecimento obtido a partir destes testes é empregado no *design* do produto final, mas o protótipo é descartado e não mais utilizado.

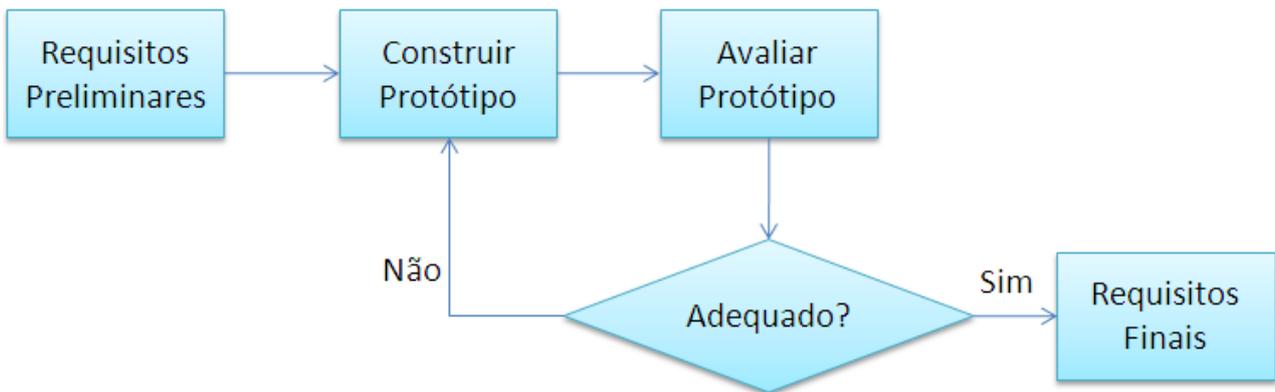


Figura 10: Processo de prototipação *Throw-away Prototyping* [18].

Na abordagem *Incremental Prototyping* (Figura 11) o produto final é construído a partir de pedaços menores, um a cada vez. Não existe, para esta técnica, um protótipo que contemple todo o sistema. A cada versão lançada uma parte nova contendo funcionalidades é prototipada e desenvolvida. Como esta técnica não compreende todo o sistema e, sim, uma parte sua a cada vez, ela também não reaproveita os protótipos já criados.

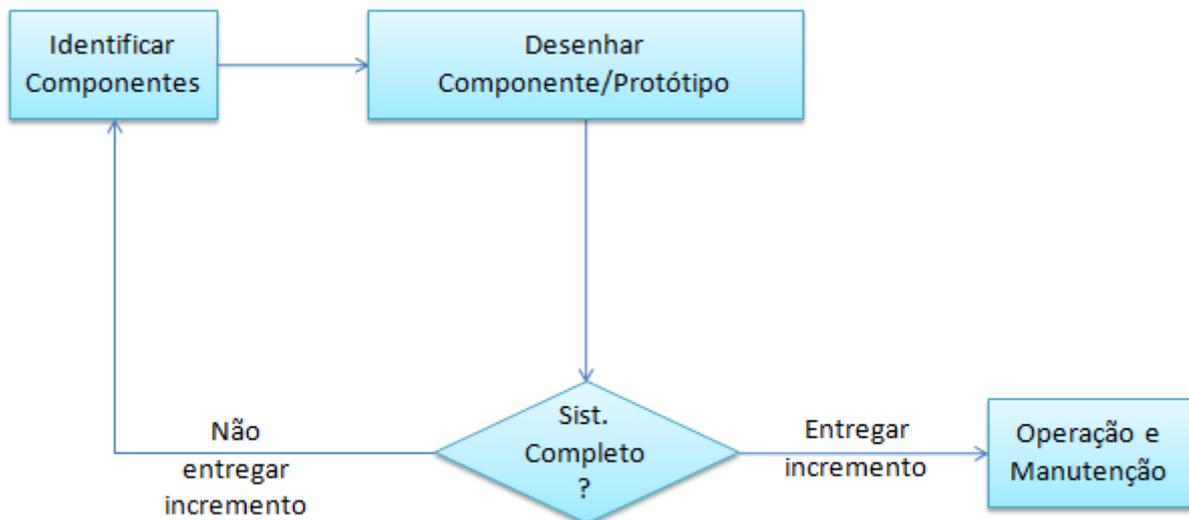


Figura 11: Processo de prototipação *Incremental Prototyping* [18].

A *Evolutionary Prototyping* (Figura 12) não descarta nenhum dos protótipos criados, todos eles servem como base para a próxima fase de teste. Como os desenhos

são todos reutilizados, o sistema evolui de uma versão simples, contendo apenas algumas funcionalidades básicas, para uma versão completa que contempla todo o sistema. A cada iteração são realizadas as modificações e melhorias sugeridas na iteração anterior.

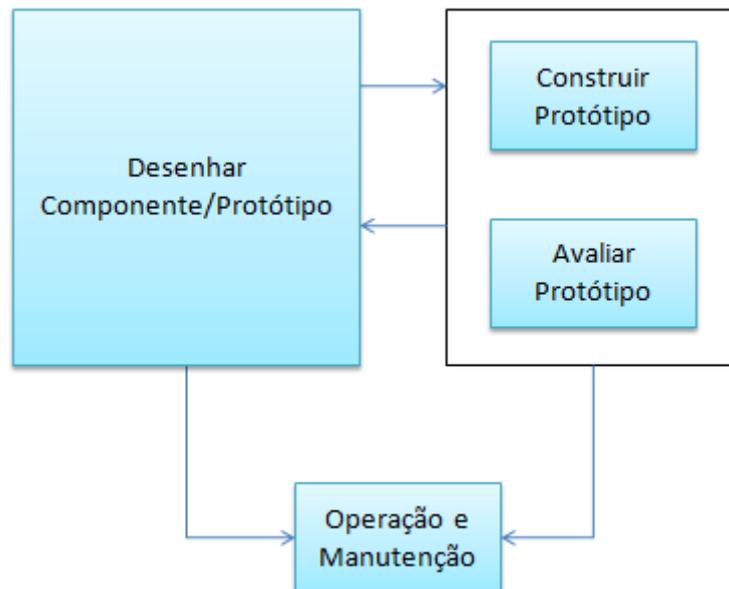


Figura 12: Processo de prototipação Evolutionary Prototyping [18].

As três abordagens apresentadas servem como base para todo o processo de prototipação, desde o levantamento das informações até o teste com os protótipos. Os passos que serão mostrados a seguir representam a seqüência de atividades que deve ser desenvolvida até a criação dos desenhos, ou seja, os passos mostrados podem ser utilizados para qualquer uma das abordagens acima.

Antes de se iniciar o desenho do protótipo no papel, é importante especificar o que se deseja aprender a respeito de uma determinada parte do sistema. Há diversas formas e abordagens para se definir o que o usuário executará durante os seus testes. A abordagem mais citada na literatura para discutir, esclarecer ou analisar as necessidades dos usuários é descrever as tarefas (*Task Description*) que serão utilizadas como base para os testes [14,11,52,67]. Existem diversas formas de representar esta descrição e, aqui, serão apresentadas quatro formas distintas (gráficas ou textuais) de fazer esta representação: Cenários, Casos de Uso, Casos de Uso Essenciais e desenho de tarefas

(*Task Design*). Estas abordagens são complementares e podem ser usadas em conjunto para capturar diferentes perspectivas de uma mesma tarefa.

#### 2.4.1. Cenários

Cenários são descrições textuais narrativas, em forma de histórias, que descrevem atividades ou tarefas e que permitem a discussão do contexto, necessidades e requisitos de sistema [52]. Para Carroll [11], além de realçar o comportamento e as ações dos usuários em relação ao sistema, Cenários descrevem procedimentos que são ou não adotados e evidencia quais as interpretações que as pessoas fazem sobre o sistema. O texto a seguir ilustra um possível Cenário de um usuário de um sistema de catálogo de biblioteca:

*“Digamos que eu queira achar um livro de George Jeffries. Eu não me lembro do título do livro, mas sei que foi publicado antes de 1995. Eu vou até o catálogo e entro minha senha de usuário. Eu não entendo por que tenho que fazer isto, uma vez que não tenho como entrar na biblioteca para usar o catálogo sem antes passar pelas portas de segurança. Contudo, uma vez que minha senha tenha sido confirmada, eu recebo a opção de busca por autor ou por data, mas não a combinação de autor com data. Eu tendo a escolher a opção por autor, porque a busca por data usualmente identifica muitas entradas. Depois de 30 segundos o catálogo retorna dizendo que não há entradas para George Jeffries e mostrando-me uma lista de entradas aproximadas. Eu vejo a lista e percebo que, na verdade, eu errei o primeiro nome do autor e é Gregory e não George. Eu escolho a entrada que eu desejo e o sistema mostra a localização para informar onde está o livro.”*

[52]

Neste Cenário se pode notar que o texto é essencialmente narrativo e mostra, de maneira informal, a utilização de um sistema de biblioteca sob a perspectiva e descrição de um usuário. Em virtude disto, descrever possíveis futuros Cenários pode ser de bastante ajuda nos exercícios de *design* feitos logo nas primeiras etapas do projeto uma vez que o usuário achará mais fácil descrever as atividades para o aspecto orientado a tarefas dos Cenários do que o aspecto abstrato comum as especificações de sistema [46]. A quantidade de detalhes empregada na descrição feita no Cenário pode variar bastante. Uma descrição mais detalhada permitirá que sejam construídos protótipos para que o

usuário faça o teste da interface a partir do que ele próprio descreveu [46]. A utilização de Cenários para representar o sistema, explicita o uso e pode ajudar os *designers* e analistas a focar a atenção nos usuários e suas tarefas [11].

#### 2.4.2. Casos de Uso

Em projetos de desenvolvimento de software orientado a objetos é comum a utilização de diagramas UML (*Unified Modeling Language*) para a representação e modelagem tanto de negócio como de sistema [8]. Dentre estes diagramas, o Diagrama de Casos de Uso tem como foco principal a interação usuário-sistema. Cada caso de uso é ligado a um ou mais atores e representa uma das tarefas mais comumente realizadas pelos usuários do sistema. A Figura 13 mostra um exemplo de Diagrama de Caso de Uso de um sistema para comercialização de produtos.

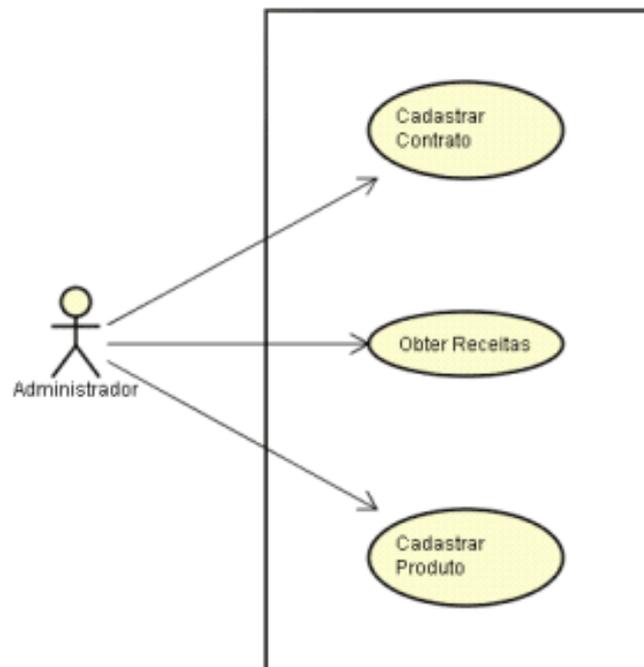


Figura 13: Exemplo de Diagrama de Casos de Uso [74].

Alternativamente, segundo Preece [52], o Caso de Uso pode ser apenas uma descrição textual, ao invés da descrição gráfica usada no exemplo da Figura 13. Nesta técnica, o caso de uso principal descreve a forma normal, sem erros ou exceções, de

execução de um conjunto de tarefas. Logo em seguida são descritos os cursos alternativos à execução normal. Esta técnica é bastante similar aos detalhamentos de Casos de Uso utilizados em conjunto com as descrições gráficas. A diferença básica para uma descrição textual feita no uso de Cenários é que nos Casos de Uso a descrição é voltada à interação usuário-sistema e não às atividades do usuário [63].

### 2.4.3. Casos de Uso Essenciais

Nos Casos de Uso Essenciais [14] – também conhecidos como Casos de Uso de Negócio – elabora-se um texto narrativo e estruturado mais geral do que os Cenários e mais detalhado do que um Caso de Uso tradicional. Os Casos de Uso Essenciais (Figura 14) são geralmente escritos em duas colunas onde a coluna da direita contém as ações realizadas pelos usuários e a da esquerda as respostas e responsabilidades que se espera do sistema.

#### Localizar livro

Intenção do Usuário	Responsabilidade do Sistema
Identificar-se	
	Verificar identidade e requisitar informações necessárias
Informar dados solicitados	
	Mostrar resultados de busca
Observar resultados da busca e sair do sistema	
	Fechar

Figura 14: Um Caso de Uso Essencial para a localização de um livro em uma biblioteca [52].

No Caso de Uso Essencial apresentado na Figura 14 se nota que a linguagem empregada na descrição é informal e voltada a maneira como o usuário se expressaria para descrevê-la. O exemplo não menciona a tecnologia empregada e, diferente de como poderia ser nos Cenários, não apresenta maiores detalhes sobre senha para acesso ou como são apresentados os dados. Outra diferença importante entre os Casos de Uso Essenciais e as outras técnicas mostradas é que esta não trabalha com atores e, sim,

com papéis de usuários, ou seja, a descrição estruturada das atividades é elaborada para um número grande de usuários que podem desempenhar o papel descrito.

#### 2.4.4. Desenho de Tarefas (*Task Design*)

O Desenho de Tarefas (*Task Design*) utilizado e criado por Snyder [67] sugere uma abordagem diferente das já apresentadas até então. Nesta técnica é criado um conjunto de tarefas que cobrem uma determinada parte do sistema a qual se deseja discutir e tirar as possíveis dúvidas. As tarefas desenhadas devem ser baseadas nos objetivos do tipo de usuário selecionado e ainda compreender questões importantes para o desenvolvimento do produto. Snyder argumenta ainda que as tarefas criadas devem ter: o escopo correto, um conjunto finito e previsível de soluções, um fim claro e definido e ainda evidenciar ações e não opiniões, ou seja, o usuário deve ler a tarefa e saber imediatamente quais ações tomar.

O processo de criação de tarefas é bem definido e se inicia listando quais os objetivos dos usuários a serem alcançados na utilização da interface a ser testada. No passo seguinte são listadas as eventuais dúvidas e riscos, ou seja, as questões que se deseja responder no teste com os usuários. Com estas duas informações, priorizam-se as questões a serem respondidas e em seguida selecionam-se alguns objetivos a realizar que cubram uma ou mais destas questões. A Figura 15 mostra um *template* de como desenhar a tarefa, sugerido por Snyder [67].

Tarefa #	<nome_da_tarefa>
Objetivos	
Entradas / Pré-Condições	
Passos	
Tempo Previsto	
Instruções para o usuário	
Observações	

Figura 15: Template para desenho de tarefas proposto por Snyder [67].

No exemplo anterior (Figura 15), para o campo *Objetivos* deve-se informar o que o usuário terá realizado ao completar a tarefa e como ele fará para descobrir se a tarefa foi finalizada com êxito. Já para *Entradas/Pré-condições* são listadas todas as informações

necessárias para o cumprimento da tarefa e ainda quais as condições e pré-requisitos para executá-la. Os passos de execução esperados são descritos em *steps*. *Tempo Previsto* é o tempo necessário para que um usuário experiente complete a tarefa. Nesta medida é desconsiderado o tempo que o sistema gastou com processamento. As instruções para os usuários devem conter informações gerais que não foram colocadas nos outros campos e, para tanto, é necessário que este seja um dos últimos itens a serem preenchidos. No último campo usualmente são citadas questões específicas a observar e também a forma como vai ser conduzida a tarefa. A Figura 16 mostra um exemplo do *template* preenchido. Nielsen [46] propõe a mesma abordagem, porém o faz em duas etapas diferentes chamadas: Desenho Paralelo e Desenho Participatório. Na primeira etapa são criadas simultaneamente várias idéias sobre uma mesma interface. Estas idéias são avaliadas e apenas uma delas é aprimorada com os usuários durante a etapa seguinte.

Tarefa 1	Livro de Fotografia
Objetivos	Comprar com sucesso um livro de fotografia
Entradas / Pré-Condições	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número do cartão de crédito.</li> <li>• Usuário está cadastrado no site, mas ainda não está logado.</li> <li>• Endereço de entrega.</li> </ul>
Passos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazer login.</li> <li>• Acessar busca de livros por autor.</li> <li>• Informar o autor do livro.</li> <li>• Clicar sobre o livro no resultado da pesquisa.</li> <li>• Clicar em comprar.</li> <li>• Informar endereço de entrega.</li> <li>• Informar forma de pagamento.</li> <li>• Informar número do cartão de crédito.</li> <li>• Confirmar a compra.</li> </ul>
Tempo Previsto	2 minutos
Instruções para o usuário	<i>"Você é um fotógrafo amador que está interessado em comprar um livro novo do John Hedgecoe para aprofundar seus estudos. Acessando um site de vendas livros online, você resolve comprá-lo."</i>
Observações	

Figura 16: Exemplo de Desenho de Tarefas utilizando o template proposto por Snyder [67].

#### 2.4.5. Desenho das Interfaces

Com os desenhos de todas as tarefas concluídos, o próximo passo é desenhar todas as interfaces do sistema que darão suporte às tarefas elaboradas com o auxílio das

técnicas mencionadas anteriormente. Para cada uma das interfaces, devem ser elaboradas no mínimo duas propostas, a fim de oferecer alternativas de desenho para os usuários. Um estudo recente [70] mostrou que apresentar mais de uma alternativa de desenho para os clientes aumenta a liberdade de críticas e a quantidade de comentários negativos em relação ao *design*. Estes comentários negativos e críticas fornecem importantes dados para que os membros da equipe elaborem uma interface que seja melhor aceita e que realmente contribua para a execução das tarefas dos usuários.

Já para a criação dos *Storyboards*, é importante utilizar a abordagem por Cenários, pois esta combinação permite que o desenho da interface seja baseado na finalidade de uso da aplicação. A utilização em conjunto destas duas técnicas – *Storyboarding* e Cenários – permite ainda que sejam coletados requisitos e *feedbacks* dos usuários, além de ajudar a visualizar como a nova tecnologia será incorporada à prática do trabalho e o valor agregado com o seu uso [24].

Além das alternativas já vistas nos processos de elaboração de protótipos em papel, outra forma de construir *Storyboards* é a proposta de Kantola e Jokela [31]. Esta nova proposta, chamada de *Simple and Visual Storyboards* (SVSb), foi baseada nos processos utilizados pela indústria de filmes e histórias em quadrinhos e divide a criação dos *storyboards* em sete principais características que, segundo os autores, provém da abordagem por Cenários. Estas características – contexto, usuário, objetivos, planos, avaliação, ações do usuário e eventos do sistema – serão descritas a seguir.

Segundo os autores, o contexto é uma representação gráfica do ambiente sob o qual o sistema é utilizado e é descrito na forma de uma foto. Esta foto, utilizada como fundo para o *storyboard* descreve as condições e o local sobre os quais o sistema é utilizado. O contexto representado pela foto não necessariamente precisa estar completo, outros itens podem ser livremente desenhados e adicionados ao fundo a fim de se criar o ambiente correto. Nesta abordagem, os usuários são representados por figuras de palito – do inglês *stick figures* – mas com o rosto mais detalhado para comunicar as expressões faciais durante a interação. Os objetivos do usuário no uso do sistema devem ser descritos textual e graficamente logo no primeiro desenho do *storyboard*. Ações do usuário, planos e avaliações são descritos sob a forma de balões, utilizando balões em forma de nuvens caso a descrição represente um pensamento e balões ovais caso seja uma fala. Por fim, as representações dos eventos do sistema são feitas com um desenho que esboça a própria interface do sistema. A Figura 17 mostra uma parte de um *storyboard* que descreve um evento do sistema

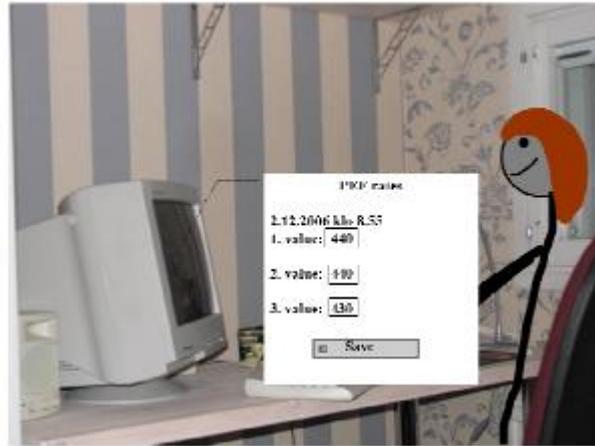


Figura 17: *Storyboard* criado com a abordagem SVSb [31]

## 2.5. Críticas

Nas seções anteriores foram apresentados diferentes tipos de protótipos, assim como diferentes graus de fidelidade, sendo estes últimos, basicamente divididos entre baixa e alta fidelidade. Segundo McCurdy et al [39], criar protótipos para apenas algum destes graus de fidelidade pode limitar o design e dificultar a adequação do mesmo à necessidade do teste. Para resolver este problema os autores propõem um *framework* que contém cinco dimensões sob as quais a fidelidade de um protótipo pode variar: refinamento visual, profundidade das funcionalidades, abrangência das funcionalidades, riqueza da interação e riqueza dos dados. De acordo com esta proposta, o protótipo pode ser definido como de alta ou baixa fidelidade em cada uma das dimensões. . Utilizando esta nova abordagem para definir o grau de fidelidade é possível elaborar um protótipo mais adequado aos objetivos do teste. Desta maneira, se o objetivo do teste for o desempenho, pode-se dar mais importância a profundidade e abrangência das funcionalidades. Em contrapartida, pode-se focar mais no refinamento visual para testar a eficiência do *layout*.

Um experimento qualitativo realizado na Universidade de Indiana [35] procurou descobrir o quanto a fidelidade e o meio no qual um protótipo é construído afetam os resultados dos testes de usabilidade. Para realizar o experimento foram selecionados 15 participantes que deveriam executar uma determinada tarefa com um tipo pré-definido de protótipo: um protótipo computadorizado de baixa fidelidade, um protótipo em papel e

outro totalmente funcional. Cada um destes participantes então executou, em apenas um dos protótipos, a tarefa solicitada e respondeu a um questionário pós-teste ao final da sessão. A análise dos dados obtidos mostrou que a versão computadorizada conseguiu apontar tantos problemas de usabilidade quanto à versão totalmente funcional. A versão em papel, no entanto, apresentou uma diferença bastante significativa – para menos - no número de problemas levantados em relação a seus outros dois concorrentes.

Neste mesmo sentido, um experimento descrito em [37] também revelou que o protótipo automatizado por computador apontou dois problemas relativos ao *layout* da interface que passaram despercebidos pela versão em papel no mesmo teste.

E, em outro estudo [61], a grande maioria dos participantes do experimento relatou que prefere interagir com a versão computadorizada do protótipo por se sentirem menos observados e por facilitar a exploração do design, visto que a versão computadorizada evita o esforço desnecessário do facilitador do teste na versão em papel.

### 3. UTILIZAÇÃO DA PROTOTIPAÇÃO E STORYBOARDING NA ENGENHARIA DE USABILIDADE

A Engenharia de Usabilidade é uma disciplina que provê um conjunto de métodos que visam agregar usabilidade à interface de usuário durante o processo de desenvolvimento de software e possui uma parte significativa de suas tarefas voltadas aos estágios iniciais dos projetos [38,46].

Neste trabalho serão apresentados cinco diferentes ciclos de vida de desenvolvimento de interfaces. Em cada uma destas, será destacado o uso de prototipação.

#### 3.1. *Usability Engineering Lifecycle*

Mayhew [38] propõe um ciclo de desenvolvimento bastante detalhado, que consiste em um conjunto de tarefas ligadas à Engenharia de Usabilidade e inseridas em um completo ciclo de desenvolvimento de software. O ciclo proposto é composto por três fases que compreendem tarefas desde o levantamento e análise de requisitos até a implantação do sistema.

Na primeira fase, Análise de Requisitos (*Requirement Analysis*, na Figura 18), realiza-se uma descrição das características dos usuários, das suas tarefas e do fluxo de trabalho. Destes levantamentos iniciais são extraídos os requisitos qualitativos de usabilidade e também os requisitos quantitativos, através dos quais são definidos níveis mínimos aceitáveis de performance do usuário e critérios de satisfação. Ao final desta fase são definidos a plataforma tecnológica e os princípios gerais de *design*.

Na fase seguinte, dividida em três níveis de *design*, todas as tarefas analisadas na fase anterior são redesenhadas a nível organizacional a fim de aumentar as capacidades de automatização e proporcionar um fluxo de trabalho mais otimizado. No primeiro nível de desenho é definida somente a forma de navegação e interação com os processos e tarefas. Neste ponto encontra-se a prototipação em papel detalhada, pela qual são desenhadas as idéias levantadas no passo anterior. Este desenho em papel é testado com usuários representativos e melhorado conforme seus *feedbacks* vão sendo agregados a interface. No nível dois de *design* são aplicados padrões de desenhos

definidos para as interfaces do sistema. A mesma bateria de testes com usuários representativos é realizada e, por fim, no nível três, empregam-se todos os detalhes no desenho da interface e repetem-se os ciclos de teste. Ao todo são, no mínimo, três execuções de prototipação e teste a serem realizadas.

A última fase consiste na instalação do sistema implementado e na coleta de *feedbacks* do usuário, que servirão como melhorias a serem incorporadas nas futuras versões do sistema. A Figura 18 ilustra graficamente o processo descrito.

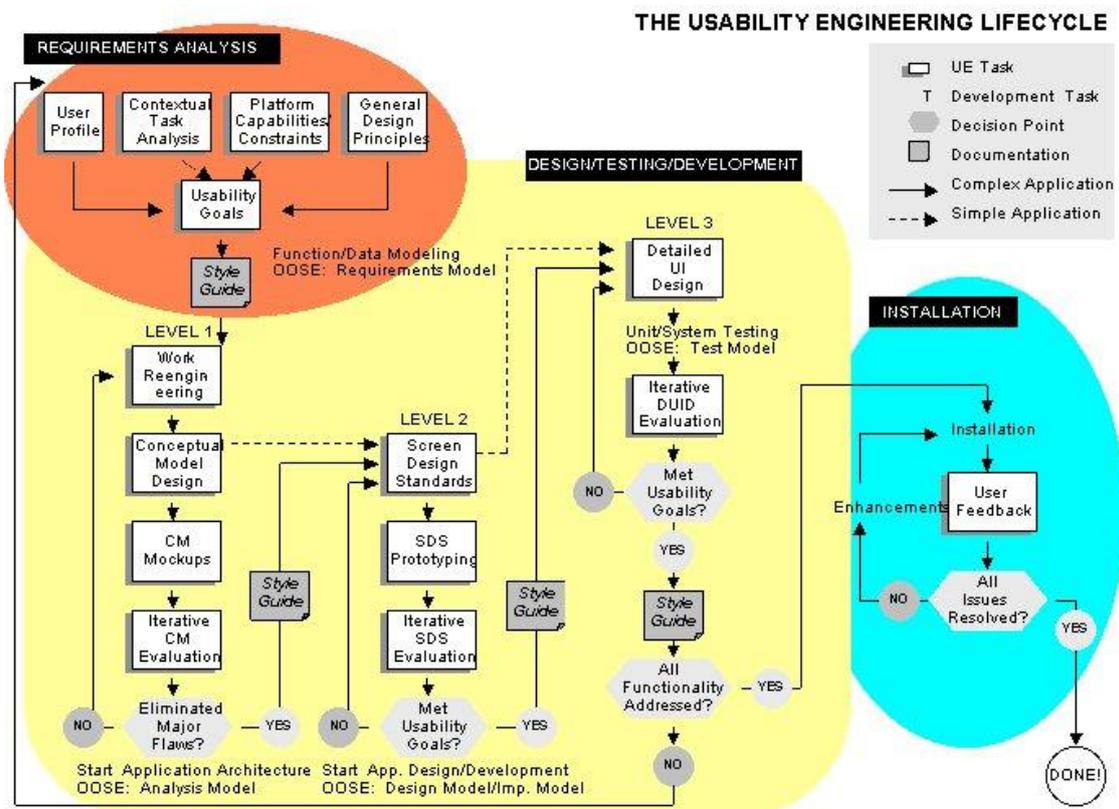


Figura 18: Ilustração do Processo de Engenharia de Usabilidade de Mayhew [38].

### 3.2. Usability Engineering

O modelo de Engenharia de Usabilidade (**Error! Reference source not found.**) proposto por Nielsen [46] é um conjunto de atividades que se desenvolve durante o ciclo de vida de um produto. O ciclo do modelo proposto pelo autor enfatiza que não se deve ir diretamente ao *design*, mas sim realizar o máximo possível antes que qualquer esforço seja empregado no desenho das interfaces.

Os estágios da Engenharia de Usabilidade, sugeridos pelo autor [46], são:

- Conheça o usuário;
- Análise competitiva;
- Setting usability goals;
- *Design* paralelo;
- *Design* participatório;
- *Design* coordenado de toda a interface;
- Prototipação;
- Teste empírico;
- Aplicar orientações e Avaliação Heurística;
- *Design* iterativo;
- *Coletar* feedback dos usuários.

O primeiro estágio desta abordagem trata de conhecer os futuros usuários do sistema. É importante nesta fase que os desenvolvedores conheçam as características dos seus usuários e como o sistema será utilizado.

No estágio seguinte se faz uma análise de pontos fortes e fracos dos produtos concorrentes, se houver. O objetivo principal é testar, nos concorrentes, o que a interface e o *design* têm a oferecer aos usuários e qual a forma utilizada para apoiar as tarefas realizadas.

O terceiro estágio envolve a elaboração de objetivos gerais que a interface deve atingir. Estes objetivos nada mais são do que o estabelecimento de métricas acerca da usabilidade. Se o software sendo desenvolvido tiver algum concorrente direto, estas métricas passam a ser, no mínimo, as da concorrência.

No quarto estágio o objetivo principal é a produção do máximo possível de propostas diferentes de interface. Para tal, este estágio utiliza mais de um *designer* para que sejam elaboradas várias propostas ao mesmo tempo e não especifica qual técnica é utilizada para elaborar os desenhos. Ao final desta seção, estudam-se as diversas idéias e elegem-se as melhores.

O desenho participativo, próximo na seqüência dos estágios, une o conhecimento sobre o cliente obtido no primeiro estágio com as idéias levantadas no quarto estágio e promove a discussão das interfaces com alguns representantes do cliente. Ao concluir a discussão sobre as interfaces, se faz necessário eleger um coordenador, o qual irá centralizar todas as decisões sobre o desenho. Este coordenador será responsável também por manter um entendimento geral sobre como o desenho do restante do sistema deve ser.

Eleita a coordenação, se inicia então o estágio de Prototipação, onde serão realizados os desenhos de todos os protótipos e posteriormente feitos os testes com os usuários e coletadas todas as informações necessárias para as eventuais melhorias.

### 3.3. XPnUE

Abordagens mais atuais, como a proposta por Obendorf [48], também utilizam a prototipação como item importante em seus processos. A abordagem proposta pelo autor, chamada de XPnUE, visa integrar os processos empregados em metodologias ágeis, como o *Extreme Programming (XP)*, com as práticas que a Engenharia de Usabilidade provê (Figura 19). Para isto, são utilizados Cenários como ferramenta para integrar as duas abordagens.

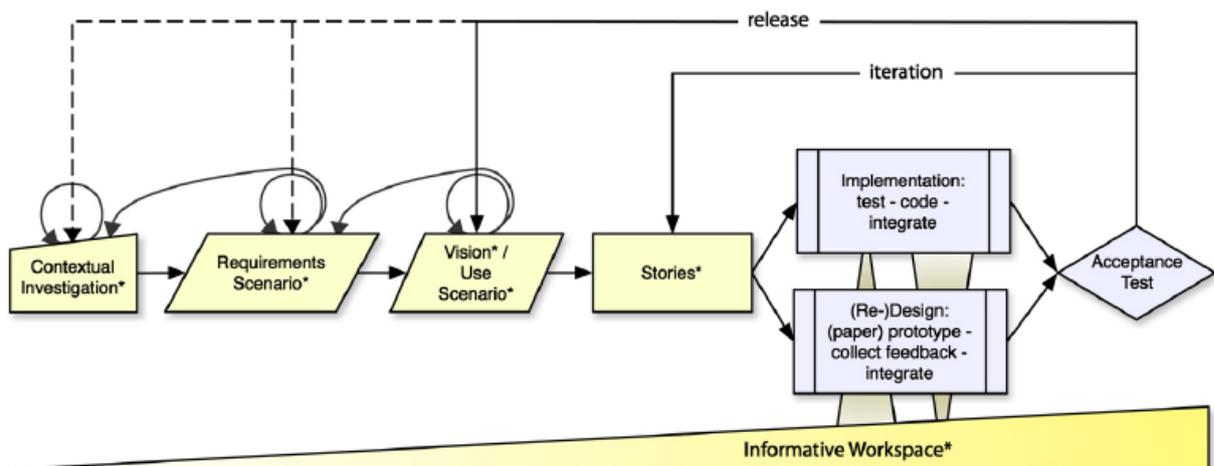


Figura 19: Processo XPnUE proposto por Obendorf [48].

O autor argumenta que um dos pré-requisitos para que esta abordagem seja utilizada com sucesso é o emprego de protótipos em papel, pois estes possibilitam que os usuários interajam com mais facilidade com os membros da equipe de desenvolvimento, não havendo necessidade de conhecimento técnico. Inicialmente se levantam informações acerca do contexto de uso do sistema e das responsabilidades dos usuários. A seguir, histórias textuais e *storyboards* são utilizados para o levantamento de requisitos e para os Cenários de Uso. Na seqüência, com estas histórias, elaboram-se os protótipos que serão validados com os clientes. Juntamente com a criação dos protótipos também ocorre a implementação do sistema, que tem como entrada o protótipo desenvolvido já contendo o *feedback* do usuário. Por fim, se realiza um teste de aceitação juntamente com os clientes. Wolkerstorfer et. al. [78] propõem também uma abordagem que integra o XP com Engenharia de Usabilidade e utiliza protótipos para realizar teste das interfaces desenhadas com especialistas em IHC.

### **3.4. Extreme Designing**

A abordagem chamada *Extreme Designing* [64], baseada nas metodologias ágeis de desenvolvimento de software, é uma proposta que visa o *design*, diferentemente do XP que foca no desenvolvimento do sistema. No processo mostrado anteriormente, Obendorf [48] propõe que a codificação ocorra paralelamente à prototipação e a coleta de *feedback* dos clientes, já no *Extreme Designing*, o protótipo é elaborado e testado com os clientes antes que qualquer esforço seja empregado na implementação do sistema. De maneira análoga ao XPnUE o *Extreme Designing* utiliza Cenários e, também, *user stories* [13] como ponto de partida para a elaboração dos desenhos das interfaces. A Figura 20 mostra passo a passo o processo.

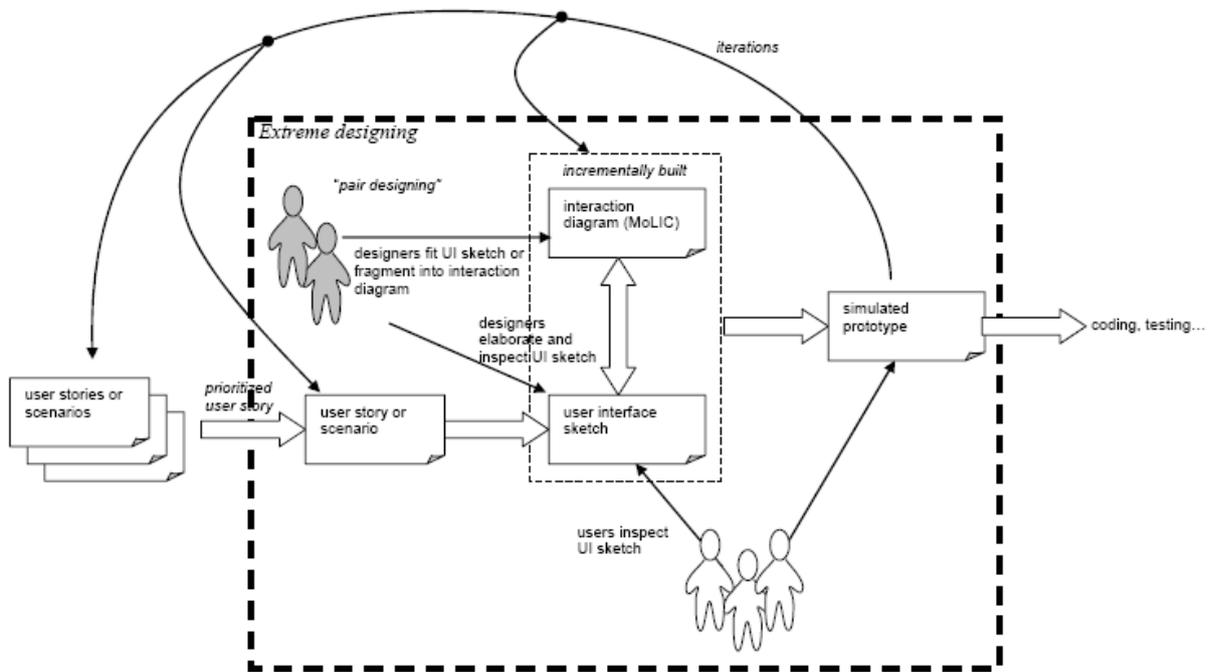


Figura 20: Representação do processo proposto pelo Extreme Designing [64].

### 3.5. Ciclo de Vida Estrela

O ciclo de vida em estrela (Figura 21), proposto por Hix e Hartson [26] inclui etapas de prototipação e avaliação, nas quais são utilizados protótipos como principal meio para a avaliação contínua. Neste ciclo de vida não há a necessidade de se especificar todos os requisitos antes de avançar nas fases do projeto, basta elaborar um protótipo rápido das interfaces e inserir novos requisitos conforme o mesmo vai sendo avaliado. Este ciclo é flexível e permite que possa ser iniciado por qualquer uma de suas partes, excetuando-se a Avaliação, parte central do ciclo.



Figura 21: Ciclo de Vida Estrela de Hix e Hartson [26].

## 4. MÉTRICAS PARA AVALIAÇÃO DE USABILIDADE

Segundo Donyaee [19], uma grande variedade de métodos tem sido propostos para se avaliar a usabilidade de um determinado *software*. Contudo, estes métodos normalmente requerem um laboratório especial ou, ainda, um protótipo totalmente funcional para que possam ser executados. Seffah [62], assim como Donyaee, também relata que, além de não haver um consenso sobre quais fatores compõem a usabilidade, há uma crescente variedade de abordagens e modelos que procuram quantificá-la e medi-la.

Neste âmbito, de procurar quantificar e medir a usabilidade de um determinado *software*, este capítulo apresenta o resultado da questão dois da revisão sistemática realizada, cujo protocolo e as demais respostas para as outras questões podem ser consultados no Apêndice A deste trabalho.

Nas subseções a seguir será apresentado brevemente cada um dos estudos coletados a partir da avaliação dos resultados nas bases de pesquisa selecionadas para a Revisão. Os estudos que, de alguma forma, estavam relacionados entre si, foram agrupados em subseções separadas.

### 4.1. Acessibilidade

Brajnik e Lomuscio [9], Freire et al [21] e Vigo et al [75] apresentam abordagens para a avaliação de acessibilidade a partir do uso de ferramentas que automatizam a execução desta. Ao contrário de outros modelos já conhecidos, como o WCAG2.0 [76], estes trabalhos não apenas avaliam a conformidade com uma lista de diretrizes, mas preocupam-se em estabelecer medidas para quantificar este nível de acessibilidade. Brajnik e Lomuscio [9] propuseram um método chamado SAMBA – *semi-Automated Method for Measuring Barriers of Accessibility* – criado para auxiliar na mediação de barreiras de acessibilidade. Segundo os autores, uma barreira é qualquer condição causada pelo web site que atrapalhe o progresso do usuário rumo ao objetivo da tarefa. Este método utiliza uma abordagem intitulada *Barrier Walkthrough* que utiliza especialistas para detectar possíveis impedimentos no progresso de uma determinada tarefa. O SAMBA é composto de três fases: na primeira é utilizada uma ferramenta que

avalia sites conforme as diretrizes do WCAG1.0 e a lista de itens violados gerada é então mapeada para as respectivas barreiras de acessibilidade. Na segunda fase, a lista é avaliada por especialistas para que sejam determinados os graus de severidade das barreiras encontradas e posteriormente calculados os índices de acessibilidade na terceira e última fase.

De maneira similar, Vigo et al [75] propõe uma métrica chamada WAQM – *Web Accessibility Quantitative Metric* – que também utiliza uma ferramenta para automatizar a avaliação dos web sites conforme as diretrizes do WCAG. Para cada um dos atributos de acessibilidade do WCAG, um valor quantitativo é atribuído e, posteriormente, conforme os relatórios de resultados das ferramentas, uma métrica geral é calculada para todo o web site.

Já Freire et al [21] propõem uma forma de avaliar e monitorar a acessibilidade de sites governamentais a partir da avaliação automatizada utilizando, neste contexto específico, uma série de métricas coletadas de levantamento bibliográfico. A abordagem proposta é composta ainda por uma ferramenta que além de realizar as avaliações, mantém um histórico das métricas coletadas a fim de servir como base para o monitoramento.

## 4.2. Métrica Única

Além do trabalho apresentado por Brajnik e Lomuscio [9], outros cinco estudos propõem medir a usabilidade a partir de uma única métrica. Babiker et al [4] sugerem uma métrica chamada *Usability Score* que é composta pelo atributos navegabilidade, orientação e interações com o usuário, e visa medir a usabilidade de sistemas baseados em HTML. Para Chang et al [12] a métrica, calculada a partir da teoria de sistemas Fuzzy, é composta de seis fatores: *feedback* do sistema, consistência, prevenção de erros, performance ou eficiência, satisfação e recuperação após erros.

O *Usability Index*, proposto por Keevil [32], é uma métrica cujo valor representa um percentual de conformidade a um *checklist*, calculado de maneira manual. Já McGee [40] estende uma proposta chamada *User Magnitude Estimation* (UME) para criar uma nova abordagem intitulada *Master Usability Scaling* (MUS). Este novo método utiliza a mesma abordagem que o UME utiliza, porém adicionando uma nova atividade. Com o UME, cada um dos usuários participantes da seção de testes estima a magnitude da

usabilidade para cada uma das tarefas executadas. O método proposto adiciona um novo componente que mede a magnitude da usabilidade de tarefas pré-determinadas e padronizadas, inserida no contexto dos testes. Desta maneira, torna-se possível ter uma medida de usabilidade contínua entre os diversos testes, visto que as tarefas padrão são reutilizadas em novos estudos.

Com o intuito de facilitar a utilização de modelos para realizar medidas, Sauro [57] apresenta o *Summated Usability Metric* (SUM) que reúne as métricas: contagem de erros, tempo na tarefa, e satisfação. Esta métrica, calculada com o auxílio de técnicas de padronização de valores utilizada pelo SixSigma [36], visa aumentar a significância e a importância estratégica da usabilidade, além de facilitar a comparação com métricas organizacionais como aumento nas vendas, taxa de diminuição no suporte, entre outras.

### **4.3. Design**

Ivory et al [29], Ivory e Hearst [28] e Ngo e Byrne [44] propõem métodos e métricas para medir o *design* de interfaces gráficas. Os trabalhos de Ivory [28,29], voltados para a Web, sugerem uma ferramenta que automatiza a coleta e análise de métricas de web sites. Esta ferramenta possui mais de 150 métricas subdivididas em nove classes: elementos textuais, elementos de ligação, elementos gráficos, formatação textual, formatação das ligações, formatação dos gráficos, formatação da página e, por fim, performance da página. A ferramenta realiza análises entre páginas e entre web sites utilizando estas classes, visando criar um perfil estatístico.

No estudo realizado por Ngo [44], há a preocupação com a estética da interface e como ela afeta a maneira como as pessoas percebem a usabilidade de um determinado sistema. O trabalho apresenta uma maneira, empiricamente estabelecida, de medir a estética a partir de cinco métricas: balanço, simetria, seqüência e ordem e complexidade.

### **4.4. Demais métricas**

Os estudos apresentados nesta seção não têm relação entre si e não puderam ser agrupados como os mostrados anteriormente.

Covella e Olsina [15], propõem um *framework* chamado INCAMI – *Information Need, Concept model, Attribute, Metric and Indicator* – que tem como objetivo especificar, medir e avaliar a qualidade no uso de sistemas. A abordagem sistemática proposta pode ser dividida em, pelo menos, três partes bases fundamentais: (i) um modelo conceitual para especificar a qualidade no uso; (ii) um *framework* para medição e avaliação; (iii) metodologia baseada em modelos.

Donyae et al [19] introduzem modelos para avaliação de usabilidade a partir de métricas preditivas. O conjunto de métricas foi selecionado de outros estudos de acordo com sua aplicabilidade, poder de predição e esforço necessário para coletá-las e analisá-las. Ao todo são dez medidas que contam o número de: elementos, ícones, atalhos, itens de entrada, botões, itens de menu, funcionalidades, caixas de diálogo e funcionalidades disponíveis no menu e na barra de ferramentas.

Käki [30], apresenta três novas métricas para medir a usabilidade em interfaces de busca: velocidade de busca, velocidade de busca qualificada e acuidade da busca. Diferentemente de outros estudos, o foco deste reside no momento em que o usuário analisa os resultados da pesquisa realizada, facilitando que seja complementado por outros estudos que avaliem interface e *design*.

O’Connel e Choong [50] identificaram que existe uma falta de métodos amplamente aceitos para medir interfaces de sistemas para análise de informação e propuseram uma abordagem que tem por finalidade medir a experiência dos usuários com este tipo de sistema. Esta proposta é composta de um conjunto de sete heurísticas a serem obedecidas pelos sistemas de visualização de informações. As métricas, neste caso, são aplicadas para medir cada uma destas heurísticas.

Rauterberg [54] mostra, em seu estudo, uma idéia diferente dos demais, argumentando que um sistema pode ser medido a partir de quatro diferentes visões: visão orientada a interação, visão orientada ao usuário, visão orientada ao produto e visão formal. Para cada uma das visões apresentadas, a usabilidade é medida de forma distinta, por exemplo, na visão orientada a produto, a usabilidade é medida em termos de ergonomia. O estudo introduz duas novas métricas para medir a usabilidade a partir da visão orientada ao produto: *functional feedback* e *interactive directness*.

Baseado na idéia de que os usuários devem conseguir procurar visualmente, e de maneira fácil, os elementos de uma interface, Rosenholtz et al [55] sugerem um método que mede a degradação de uma tarefa a partir de uma técnica intitulada

Congestionamento de Funcionalidades (*Feature Congestion*). A medida desta técnica é realizada a partir da quantidade de elementos na tela e também da organização destes. Para tal, ele propõe formas de medir o grau em que as funcionalidades do sistema estão desorganizadas.

Saward e Barker [58] sugerem que a usabilidade deva ser medida pela habilidade com que os usuários navegam e exploram um dado sistema e se coloca contrário a outros modelos que utilizam métricas mais tradicionais, como: tempo para completar a tarefa, número de tarefas completadas, etc. O autor foca-se na percepção que os usuários possuem da informação em sistemas baseados na internet para recuperação de informação (*Internet Information Retrieval Systems*). Duas importantes medidas são apresentadas pelo estudo: expectativa e confiança do usuário sobre a localização da informação.

Scholtz [59] desenvolveu várias métricas com as quais é possível medir o sucesso da representação visual de uma determinada informação. O estudo apresenta cinco áreas sob as quais uma representação visual deve ser avaliada: interação, criatividade, colaboração, utilidade e sensibilidade à situação (*situation awareness*). Para cada uma destas áreas são sugeridas métricas para realizar a medição. Por exemplo, para medir a interação, podem-se utilizar as seguintes métricas: tempo gasto em cada passo do processo e tempo gasto no uso da ferramenta.

Sears [60], propõe uma ferramenta chamada *semi-Automated Interface Designer and Evaluator* (AIDE). A análise realizada por esta ferramenta é baseada em cinco métricas: eficiência, alinhamento, balanço horizontal, balanço vertical e restrições (*constraints*). Para completar, a ferramenta dispõe, ainda, de uma função para gerar interfaces automaticamente bastando para tal apenas selecionar quais métricas são desejadas.

Seffah et al [62], propõem um método pelo qual a usabilidade é dividida e medida de acordo com dez fatores e cada um destes medido por pelo menos uma métrica. Ao todo são 127 métricas, reunidas de vários outros trabalhos, que ajudam a medir a usabilidade sob vários aspectos. O método intitulado *Quality in Use Intergrated Measure* (QUIM), segundo o autor, serve como repositório de métricas para fins de pesquisa. Como parte do estudo, uma ferramenta foi desenvolvida com o intuito de ajudar a selecionar e ensinar a medir cada um dos fatores selecionados (satisfação, facilidade de aprendizado e etc.) para um dado projeto.

Tamir [68] propõe um framework para medir esforço no uso de qualquer sistema, a partir de dois pontos principais: esforço relacionado ao teclado e ao mouse e esforço relacionado ao olho, medido a partir de *eye-tracking*.

Tonn-Eichstadt [71] apresenta uma extensão do método GOMS (*Goals Operators Methods and Selection*) para medir a alguns aspectos de usabilidade de web sites para usuários com deficiência visual. Seu método consiste em propor novas estruturas para as notações da abordagem estendida, a fim de suportar a descrição de novos contextos.

## 5. PROPOSTA DE ABORDAGEM PARA EXTRAÇÃO DE MÉTRICAS DE USABILIDADE A PARTIR DE PROTÓTIPOS

Com base na pesquisa bibliográfica desenvolvida foi possível conhecer diferentes tipos de protótipos existentes, bem como as técnicas envolvidas na sua utilização. A pesquisa evidenciou que as tradicionais definições de alta e baixa fidelidades dos protótipos possuem críticas.

O estudo sobre a utilização dos protótipos na Engenharia de Usabilidade possibilitou conhecer os contextos e em que fases dos ciclos de desenvolvimento da área de IHC apresentados os protótipos são normalmente utilizados. Pode-se observar que para a quase totalidade deles – exceto o proposto por Nielsen [46] – um protótipo é sempre desenvolvido e testado logo nas fases iniciais. No entanto, conforme pode ser visto na Tabela 1, nem todas as metodologias apresentadas utilizam o mesmo tipo de protótipo e menos da metade destas, utiliza métricas para fazer avaliação.

Tabela 1: Comparativo de utilização de Prototipação e Métricas em algumas metodologias da Engenharia de Usabilidade.

	Utiliza um conjunto de métricas para avaliação	Utiliza protótipos em papel nas fases iniciais	Utiliza protótipos computadorizados nas fases iniciais
<i>Usability Engineering Lifecycle</i>	X	X	
<i>Usability Engineering</i>	X		
<i>XpnUE</i>		X	
<i>Extreme Designing</i>			X
<i>Star Lifecycle</i>		X	

A Revisão Sistemática [5] possibilitou conhecer o estado da arte acerca de métricas para avaliação de usabilidade. O estudo sistemático mostrou que apenas uma pequena parte dos métodos, técnicas e ou abordagens criados para avaliar a usabilidade a partir de métricas, de fato, podem ser aplicados a protótipos. A maioria das propostas necessita de um sistema totalmente funcional para que possam ser efetivamente aplicadas.

Considerando:

- os estudos apresentados [35,37,61], que sugerem que o computador seja utilizado para intermediar o teste com protótipos;
- o nível de precisão exigido por algumas métricas selecionadas pela revisão sistemática, como por exemplo: simetria de tela, esforço, tempo gasto na tarefa e etc;
- a ausência de abordagens automatizadas para a coleta de métricas e prototipação, dentre as metodologias apresentadas; e,
- o estudo apresentado por McCurdy et al [39], sobre fidelidade de protótipos;

propõe-se criar uma abordagem na qual sejam aplicadas as métricas coletadas sobre protótipos de fidelidade mista, criados e automatizados por computador com o intuito de utilizá-los no teste com usuários. Com esta proposta, ao realizar testes de usabilidade com usuários representativos de um determinado sistema, os dados coletados do conjunto de métricas selecionado permitirá que possíveis problemas de usabilidade sejam identificados.

O computador, no âmbito desta proposta, por meio de uma ferramenta especializada, será responsável por possibilitar a criação de protótipos, simular seu uso, coletar as métricas e apresentar os resultados relacionados, além de permitir a definição dos cenários, tarefas e questionários a serem utilizados durante o teste com usuários. Utilizando a definição criada por McCurdy [39], a ferramenta permitirá criar protótipos de alta fidelidade em termos de refinamento visual, além de possibilitar melhor riqueza de interação em relação ao papel, devido à melhor resposta visual dos componentes do *layout* quando o usuário interage com os mesmos. Por este fato, os protótipos criados por esta ferramenta são considerados como sendo de fidelidade mista.

A seguir serão apresentadas, em maiores detalhes, as métricas selecionadas e a ferramenta que será responsável por coletá-las.

## 5.1. Métricas Seleccionadas

A revisão sistemática realizada, cujos resultados foram apresentados no capítulo 4, apresentou mais de 300 métricas que medem diferentes aspectos da usabilidade. Cada uma das métricas coletadas está associada a um aspecto da usabilidade que está sendo medido, como por exemplo: *design* ou *performance*. O conjunto total de métricas possui cerca de 30 aspectos diferentes relacionados à interface ou a interação do usuário durante uma determinada tarefa, dentre os quais se podem citar: desenho da informação, estética, colaboração, facilidade de uso, entre outros. Ao revisar a literatura, foi possível encontrar ainda os termos “fatores” e “dimensões” que são utilizados com o mesmo significado que aspectos.

Como mencionado anteriormente, foi possível perceber que a grande maioria destas métricas necessita de um protótipo totalmente funcional para que possam ser coletadas. Sendo assim, somente uma pequena parte destas pode ser realmente antecipada e utilizada em protótipos desenvolvidos ainda nos estágios iniciais de desenho das interfaces.

Todas as métricas coletadas através da realização da revisão sistemática passaram por um processo de catalogação, no qual foram levantadas as seguintes informações: nome da métrica, aspecto associado, descrição, forma de coleta, forma de cálculo e fidelidade do protótipo necessária para sua captura.

Para o campo *fidelidade do protótipo necessária* foram utilizados dois possíveis valores: *F*, para designar que é necessária a construção de um protótipo totalmente funcional para coletar esta métrica, e *P*, para designar que apenas um protótipo simples (em papel, por exemplo) basta para capturá-la.

Assim, métricas que necessitavam de um protótipo totalmente funcional – como as de acessibilidade, por exemplo – ficaram automaticamente excluídas da lista final de métricas. Adicionalmente, adotou-se o mesmo critério de seleção seguido por Donyae [19], que selecionou aquelas cujo esforço para coletar e analisar tenha uma boa relação custo-benefício, a fim de facilitar a coleta e interpretação.

As métricas utilizadas em um dos estudos analisados [19] – apesar de serem passíveis de utilizar em protótipos – não puderam ser aproveitadas, pois os autores não mencionam como fazer a interpretação ou coleta das mesmas.

O conjunto final de métricas que a abordagem conterà é explicado a seguir:

- **Balanço de tela** [44]: calcula o balanço do *layout* da interface em relação a dois eixos centrais, um vertical e outro horizontal. Trata-se de uma métrica calculada automaticamente dividindo-se a tela em dois eixos centrais, um vertical e outro horizontal. Para cada um dos lados criados pelos eixos – superior, inferior, esquerdo e direito – calcula-se o peso dos componentes. Logo, diz-se que o *layout* está em balanço quando o peso do lado superior menos o do inferior e o peso do lado esquerdo menos o do direito é igual a zero. Caso o valor obtido por algum dos lados for superior ao outro, diz-se que o lado com o maior valor está pesado. Por exemplo, se o peso do lado esquerdo é maior que o do direito, diz-se que o *layout* está mais pesado para esquerda;
- **Simetria de tela** [44]: trata da distribuição balanceada de elementos equivalentes sobre um mesmo eixo. A simetria é calculada automaticamente dividindo-se a tela em quatro quadrantes e calculando-se o alinhamento dos componentes em cada um destes quadrantes em relação aos eixos. Por exemplo, diz-se que um *layout* está verticalmente simétrico quando o alinhamento dos componentes nos quadrantes superior e inferior esquerdo menos o direito é zero, assim:  $ASE - ASD = 0$  e  $AIE - AID = 0$ . Já para dizer que um *layout* está horizontalmente simétrico, basta inverter, ou seja, o alinhamento dos componentes no quadrante superior esquerdo menos o alinhamento dos componentes no quadrante inferior esquerdo igual a zero e o mesmo para o lado direito, assim:  $ASE - AIE = 0$  e  $ASD - AID = 0$ ;
- **Equilíbrio de tela** [44]: diz se um *layout* está em equilíbrio. Isto ocorre quando o seu centro coincide com o centro da tela onde foi construído e pode ser obtido automaticamente, calculando-se o centro de gravidade do *layout* – somente componentes – e comparando-o com o centro de gravidade da tela – sem os componentes. O centro de gravidade do *layout* pode ser obtido somando-se todos as áreas de todos os elementos e multiplicando-se pela distância de cada um deles em relação ao eixo x – horizontal. A mesma coisa é feita para o eixo y – vertical. Ao final, obtém-se um par ordenado (x,y) que representa o centro do *layout*;
- **Seqüenciamento de tela** [44]: visto que os olhos são constantemente treinados para leitura, ou seja, treinados a movimentarem-se da esquerda para a direita e de cima para baixo, é aconselhável que as interfaces gráficas também

mantenham esta seqüência. O seqüenciamento de tela pressupõe que os elementos da interface gráfica serão dispostos obedecendo-se este movimento natural dos olhos. Esta medida calculada de maneira simples a partir do número de componentes em cada um dos quadrantes da tela. Um componente ou mais no quadrante superior esquerdo vale 4; um componente ou mais no quadrante superior direito vale 3 e assim segue, sendo 2 e 1 para os respectivos quadrantes inferiores. Quanto mais próximo de 10 for o resultado, melhor é o seqüenciamento da tela;

- **Ordem e complexidade de tela** [44]: utiliza o resultado das quatro anteriores. A ordem é obtida através da soma ponderada do seqüenciamento, simetria, balanço e equilíbrio, divididos pelo número de componentes. Quanto maior o valor das quatro primeiras métricas, maior a ordem do *layout*, em contrapartida, quanto mais componentes a tela conter, mais complexa ela é;
- **Esforço** [68]: mede o esforço a partir da soma ponderada de cliques do mouse, número de teclas pressionadas e *mickeys*, que segundo o autor, trata-se de quantidade de pixels que o mouse atravessou durante o intervalo medido;
- **Escala de Usabilidade do Sistema** [10]: representa a satisfação do usuário durante a interação com o sistema. É capturada por um questionário pós-teste composto por 10 perguntas a serem respondidas de acordo com uma escala *likert*. Uma fórmula específica auxilia no cálculo da escala de usabilidade do sistema;
- **Sucesso da tarefa** [57]: representa uma simples contagem de tarefas que foram finalizadas com sucesso, sem a interferência do facilitador ou documentação do sistema. Normalmente é apresentada sob forma de uma razão entre tarefas completadas com sucesso e sem sucesso;
- **Sucesso parcial de tarefas** [73]: representa o número de tarefas que foram finalizadas, mas mediante o auxílio do facilitador do teste ou da documentação do sistema existente. Esta medida é obtida a partir da análise dos vídeos gravados durante as sessões de observação de usuários;
- **Auxílio e documentação** [73]: representa o número de vezes em que o usuário solicitou ajuda ao facilitador da seção de testes, durante a execução de uma tarefa, ou acessou a documentação do sistema. Esta medida é obtida a partir da análise dos vídeos gravados durante as sessões de observação de usuários;

- **Desistência de tarefas** [73]: representa uma simples contagem de tarefas em que o usuário optou por desistir;
- **Tempo de ajuda** [73]: informa a quantidade de tempo em minutos que o usuário gastou em ajuda, com análise da documentação disponível ou questionamento do facilitador durante a execução da tarefa. Esta medida é obtida a partir da análise dos vídeos gravados durante as sessões de observação de usuários;
- **Tempo na tarefa** [57]: informa o tempo gasto pelo usuário na execução da tarefa, considerando tarefas concluídas com ou sem sucesso. Esta métrica é obtida automaticamente pelo computador;
- **Número de erros** [57]: corresponde à quantidade de seleção errada de comandos no contexto de uma tarefa. É obtida através de uma simples contagem destas ocorrências. Esta medida é obtida a partir da análise dos vídeos gravados durante as sessões de observação de usuários;
- **Raiva ou frustração** [73]: quantidade de vezes em que o usuário participante do teste expressou raiva ou frustração na interação com o sistema. Esta medida é obtida a partir da análise dos vídeos gravados durante as sessões de observação de usuários.

## 5.2. Ferramenta para Prototipação e Extração de Métricas

A fim de intermediar os testes com usuários, foi construída, no Centro de Pesquisas em Computação Aplicada (CPCA) da PUCRS, uma ferramenta que visa auxiliar na organização do teste, construção dos protótipos, simulação de uso das interfaces e coleta de métricas.

As próximas seções apresentarão detalhes desta ferramenta.

### 5.2.1. Arquitetura da Ferramenta

A ferramenta foi construída utilizando-se a tecnologia Java com interface gráfica elaborada com componentes *swing*. A ferramenta é dividida em dois módulos, o primeiro

(Figura 22) responsável pela gestão dos dados referentes ao teste com usuários e pela criação de protótipos<sup>3</sup> e, o segundo (Figura 23), responsável por executar a simulação das telas e coletar as métricas. Cada módulo é empacotado em um arquivo *jar* distinto que pode ser utilizado separadamente em qualquer sistema operacional suportado pela tecnologia Java (Figura 22).

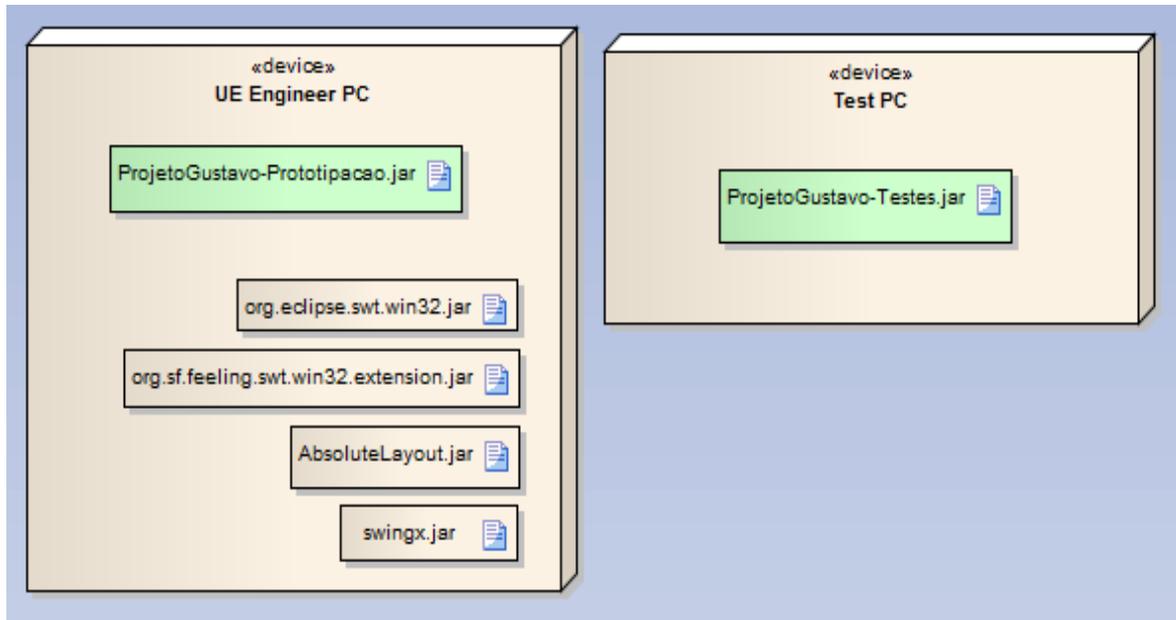


Figura 22: Visão Geral da Arquitetura

Em relação aos **testes com usuários**, podem ser criados todos os itens que normalmente fazem parte de um teste de usabilidade com protótipos, como: cenários, tarefas e questionários, além das próprias telas do protótipo. Cada novo teste é concebido como um novo projeto, o qual, ao ser criado, permite cadastrar um cenário descritivo, que auxiliará o participante do teste a entender o contexto sob o qual estará executando as tarefas que lhe serão apresentadas. Este cenário, por sua vez, é composto de uma ou mais tarefas, cada qual contendo somente uma descrição textual. Para o levantamento do perfil do usuário participante do teste, é possível criar questionários, que podem conter

<sup>3</sup> A idéia de analisar questões relativas a usabilidade teve início com o trabalho de Abrao & Luckei [1]; no referido trabalho foi desenvolvida uma ferramenta para prototipação de interfaces que permitia, além da prototipação das telas a navegação entre elas. Com as pesquisas desenvolvidas para esta dissertação, a ferramenta foi completamente refeita, incluindo todas as funcionalidades descritas nesta seção.

uma ou mais perguntas sejam elas descritivas, com opções de escolha ou com uso de escalas – como a *likert* (um exemplo pode ser visto no Anexo A).

Para a **criação dos protótipos** é possível utilizar o auxílio de uma extensa lista de componentes e de um formulário contendo linhas de grade, que auxiliam no alinhamento do *layout*. Cada um dos componentes utilizados permite que sejam alteradas algumas de suas propriedades, como: altura, largura, cor de fundo, cor do texto, fonte e etc. Alguns destes componentes permitem, inclusive, que sejam indicados outros protótipos para serem abertos ou fechados quando clicados pelos usuários. A fim de aprimorar a organização dos protótipos, a ferramenta dispõe de versionamento, permitindo que sejam criadas novas versões de protótipos baseadas em *layouts* anteriores. Sempre que uma simulação é executada, uma nova versão dos protótipos é criada, impedindo que as versões já testadas sejam alteradas, o que pode invalidar as métricas já coletadas. A Figura 23 apresenta a interface da ferramenta com um protótipo sendo construído.

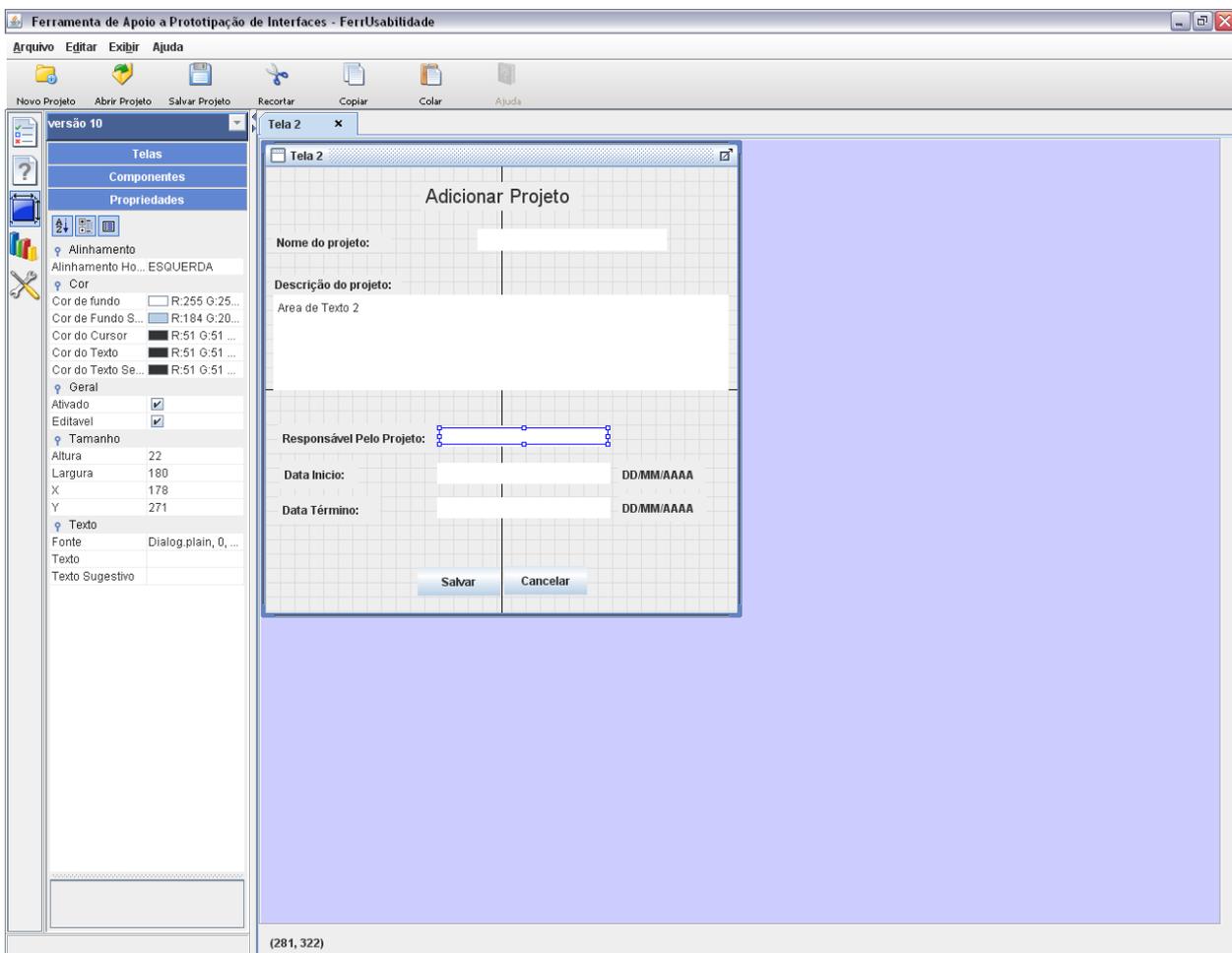


Figura 23: Ferramenta de Apoio a Prototipação.

No módulo referente à **simulação e coleta de métricas**, são apresentados os questionários para que sejam respondidos pelos usuários, é executada a simulação e feita a coleta das métricas passíveis de serem obtidas automaticamente. São elas:

- Balanço de Tela: obtida em tempo de prototipação e calculada conforme explicado na seção anterior;
- Simetria de Tela: obtida em tempo de prototipação e calculada conforme explicado na seção anterior;
- Equilíbrio de Tela: obtida em tempo de prototipação e calculada conforme explicado na seção anterior;
- Seqüenciamento de Tela: obtida em tempo de prototipação e calculada conforme explicado na seção anterior;
- Ordem e Complexidade de Tela: obtida em tempo de prototipação e calculada conforme explicado na seção anterior;
- Esforço: somatório da quantidade de cliques do mouse, quantidade de pixels atravessados pelo ponteiro do mouse e quantidade de teclas pressionadas;
- Escala de usabilidade do sistema: calculada automaticamente após o usuário responder o questionário pós-teste. A escala é obtida pelo somatório dos pesos das questões, sendo:
  - para as questões ímpares, o peso corresponde a 5 menos o valor respondido;
  - para as questões pares, o peso corresponde ao valor respondido;
- Desistência de tarefas: métrica obtida pela contagem de cliques feitos sobre os botões: “Desistir deste teste” e “Desistir de todos os testes”;
- Tempo na tarefa: a contagem do tempo inicia com o clique sobre o botão “Iniciar” e finaliza com o clique sobre o botão “Finalizar”. Ao desistir da tarefa ou do teste, o tempo computado até o momento é desconsiderado.

Optou-se por criar um módulo separado para ficar a cargo desta parte a fim de facilitar os testes, ou seja, não é necessário ter a ferramenta de prototipação e criação do teste nos computadores utilizados apenas para teste, como é o caso dos laboratórios de usabilidade. Assim, ao abrir o projeto na ferramenta de simulação, é apresentado um

questionário para obtenção do perfil do usuário. Em seguida, o cenário é apresentado e assim que o usuário sentir-se à vontade para tal, ele pode iniciar a simulação dos protótipos. Ao iniciar esta simulação a ferramenta exibe a primeira tarefa cadastrada. Para que seja possível interagir com os protótipos para executar cada tarefa é necessário que o usuário participante informe o início da mesma clicando sobre o botão designado para isto. Tão logo a tarefa em execução seja terminada e o usuário indique sua finalização, a próxima tarefa cadastrada é mostrada. Este ciclo segue até que todas elas estejam concluídas, quando, então, um questionário pós-teste é mostrado. É importante lembrar que, uma vez realizado um teste em uma das versões, não é mais possível alterar nenhum dos protótipos, para que nenhum dos dados coletados seja invalidado. A Figura 24 mostra a descrição de uma tarefa a ser executada.

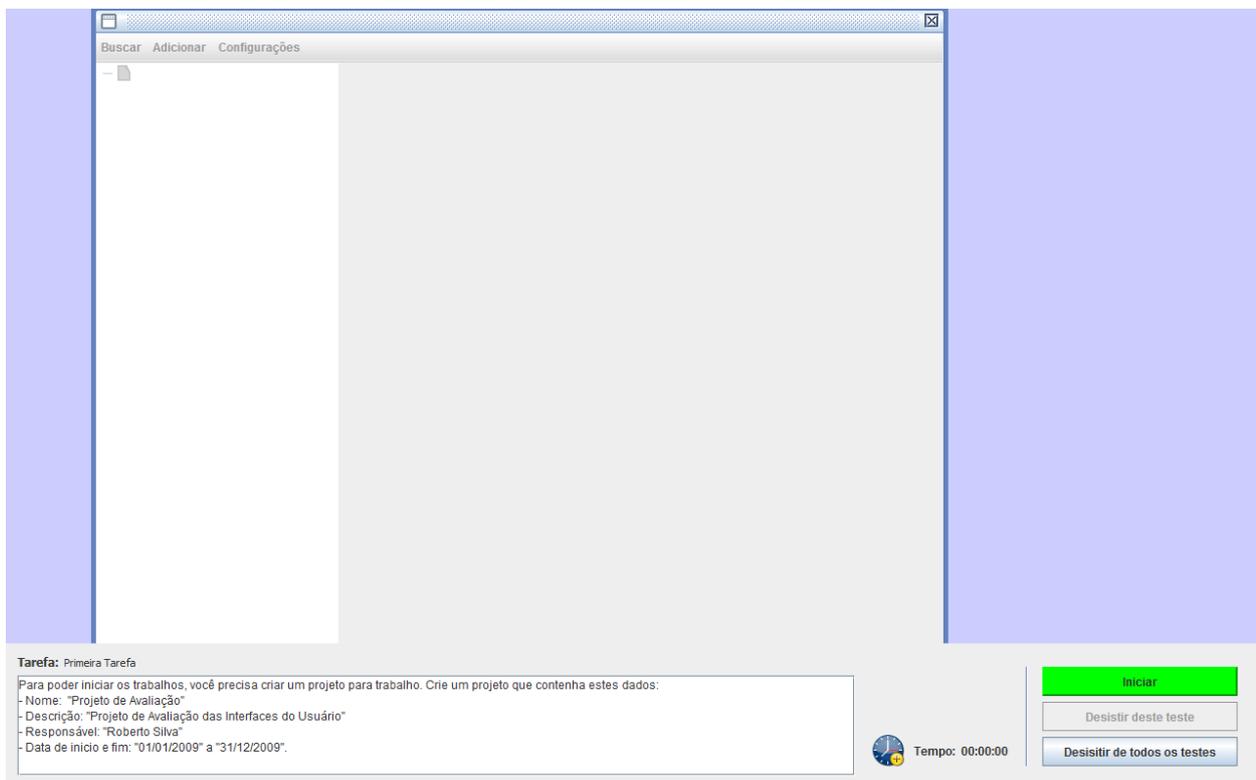


Figura 24: Programa responsável pela execução da simulação dos protótipos.

Durante a execução dos testes, o segundo módulo da ferramenta fica responsável pela coleta das métricas. Ao finalizar a sessão de testes, a exibição do conjunto de dados coletados é feita pelo primeiro módulo da ferramenta. Caso o teste realizado contenha vídeos para serem analisados posteriormente, a ferramenta permite que sejam

manualmente alteradas algumas das métricas, como, por exemplo: número de vezes em que o usuário expressou raiva ou frustração e número de erros.

### 5.2.2. Possibilidades de Uso da Ferramenta

Esta ferramenta pode ser utilizada na grande maioria das metodologias de engenharia de usabilidade mostradas anteriormente, excetuando-se XPnUE [48] que utiliza apenas prototipação em papel em seus processos. As organizações que utilizam o *Usability Engineering Lifecycle* [47] podem valer-se das funcionalidades deste programa especialmente no primeiro e terceiro níveis da segunda fase da metodologia quando é realizado o design, o teste e o desenvolvimento. Na primeira das fases, a ferramenta pode auxiliar na modelagem conceitual e na criação dos *mockups*, enquanto que, na segunda, pode auxiliar na criação da interface detalhada. Para quem utiliza a *Usability Engineering* [46], a utilização pode ser útil nos estágios de Prototipação e Coleta e *Feedback* dos Usuários, visto que são coletados dados automaticamente de questionários aplicados ao final dos testes. O *Extreme Designing* [64] não trabalha especificamente com um tipo de prototipação, logo, o uso da ferramenta pode ser empregado para realizar a prototipação e a criação de *user stories*, que são partes importantes da metodologia. Por fim, o *Star Lifecycle* [26] possui dois processos chave nos quais a ferramenta pode ser útil: a Prototipação e o Design Conceitual e Formal.

### 5.3. Avaliação de alternativas de design com uso da ferramenta

Como mencionado na seção anterior, todos os protótipos construídos pela ferramenta podem ser reaproveitados, de forma que o desenho das interfaces de um dado sistema pode evoluir de algo mais simples a algo mais completo, sem a necessidade de retrabalho. Neste sentido, conforme descrito no capítulo 2, o *Evolutionary Prototyping* é o processo com o qual a ferramenta descrita mais se adequa. O uso da ferramenta, segundo o *Evolutionary Prototyping*, dá-se no processo de “Desenhar Componente/Protótipos”.

Algumas das técnicas mencionadas no capítulo 2 deverão ser utilizadas a fim de efetivamente utilizar a ferramenta para realizar avaliação de alternativas de design.

Visando facilitar a ambientação dos usuários com as tarefas e ainda nortear a criação destas, o primeiro passo necessário, utilizando o primeiro módulo, é criar um Cenário no qual seja descrito o contexto para execução destas tarefas.

Com o cenário concluído, criam-se então as tarefas que serão executadas no teste. As técnicas que podem contribuir neste passo são o uso de Casos de Uso Essenciais ou *Task Design*, mostrados anteriormente.

Na seqüência cria-se o questionário pré-teste, que será mostrado ao usuário antes do cenário do teste. Este questionário pode conter um número variável de perguntas dissertativas e/ou objetivas e seu preenchimento é opcional, não impedindo (a falta de preenchimento) a realização de testes.

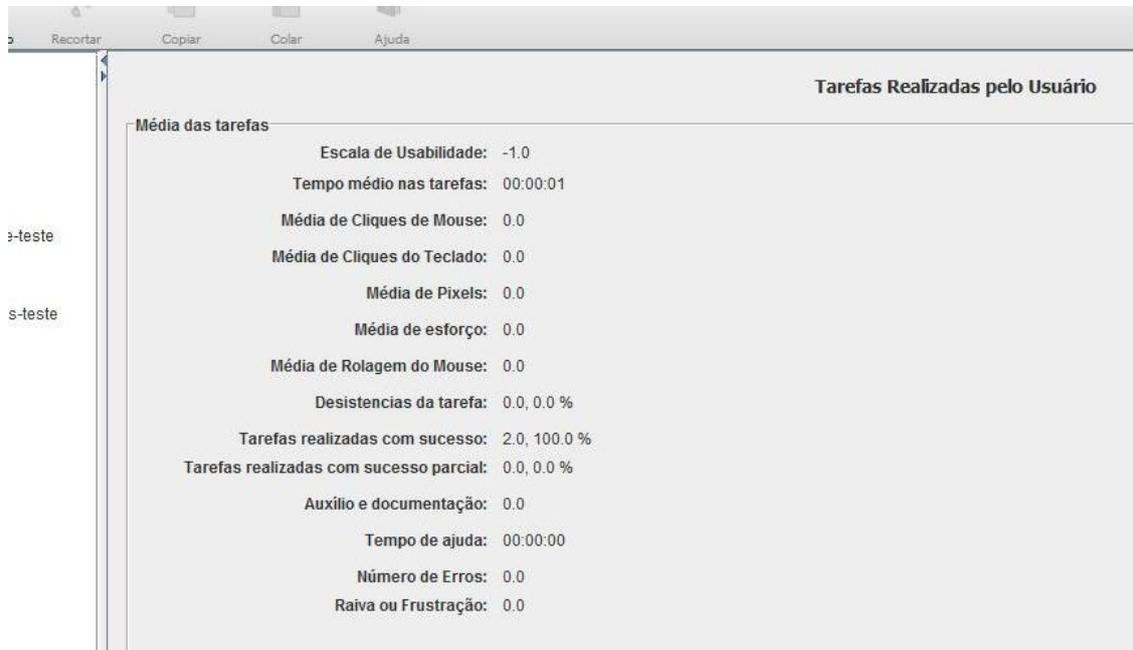
Tendo em mente o cenário e as tarefas elaboradas para o teste, cria-se então o conjunto de protótipos que darão suporte para a execução do que será solicitado. A ferramenta permite que seja criada uma ou mais telas e, também, que sejam definidos *links* entre cada um dos protótipos a fim de criar um efeito de navegação na execução dos testes. A ferramenta permite que a navegação seja testada em tempo de design, sem a necessidade de acessar o segundo módulo para tal.

Após o término do desenho das telas, este deve ser salvo e o arquivo gerado deve ser aberto no segundo módulo. O segundo módulo possui um interface bastante simples, com os comandos localizados na parte inferior; basta clicar em iniciar questionário para que o teste inicie. Após o usuário responder ao questionário, o cenário lhe é apresentado e, em seguida a leitura, é apresentada a primeira tarefa cadastrada. O usuário é indicado a ler e clicar em iniciar para que possa interagir com os protótipos e realizar o que foi solicitado. Após concluir a tarefa, basta indicar o término e o programa automaticamente carrega a próxima tarefa. Ao chegar ao final, automaticamente é exibido o SUS [10], que nesta abordagem é utilizado como questionário pós-teste.

Enquanto o usuário executa o conjunto de tarefas, o sistema coleta as seguintes métricas automaticamente: tempo de tarefa, desistência de tarefas, SUS, esforço, ordem e complexidade, seqüenciamento de tela, equilíbrio de tela, simetria de tela, balanço de tela. O restante das métricas é informado manualmente no primeiro módulo de ferramenta, após análise de vídeos gerados durante a interação do usuário, conforme descrito anteriormente.

Após a coleta e análise dos dados obtidos com o teste, o primeiro módulo da ferramenta permite que protótipos sejam criados a partir dos existentes, evitando esforço

de retrabalho para construí-los novamente. Assim, conforme as métricas são analisadas (Figura 25) e melhorias são construídas, as alternativas de design podem ser comparadas utilizando-se os dados coletados nas diferentes sessões de teste e que ficam armazenados no mesmo arquivo.



The image shows a screenshot of a software application window titled "Tarefas Realizadas pelo Usuário". The window has a menu bar with options: "Recortar", "Copiar", "Colar", and "Ajuda". The main content area displays a list of metrics under the heading "Média das tarefas".

Média das tarefas	
Escala de Usabilidade:	-1.0
Tempo médio nas tarefas:	00:00:01
Média de Cliques de Mouse:	0.0
Média de Cliques do Teclado:	0.0
Média de Pixels:	0.0
Média de esforço:	0.0
Média de Rolagem do Mouse:	0.0
Desistencias da tarefa:	0.0, 0.0 %
Tarefas realizadas com sucesso:	2.0, 100.0 %
Tarefas realizadas com sucesso parcial:	0.0, 0.0 %
Auxílio e documentação:	0.0
Tempo de ajuda:	00:00:00
Número de Erros:	0.0
Raiva ou Frustração:	0.0

Figura 25: Exemplo de apresentação das métricas coletadas.

## 6. ANÁLISE DA PROPOSTA

A seguir serão apresentados os passos realizados para analisar a proposta feita na seção anterior. Primeiramente será apresentado o planejamento do experimento que foi conduzido, seguido do detalhamento da execução do mesmo e resultados obtidos.

### 6.1. Delineamento experimental

O experimento aqui proposto objetiva comparar, no âmbito da antecipação da avaliação, se a abordagem proposta – utilizar o software para prototipar e coletar as métricas - consegue de fato antecipar e medir problemas usabilidade ainda em tempo de *design* utilizando as métricas coletadas.

Será utilizado, para este experimento, um sistema para apoio a testes com usuários, também desenvolvido no CPCA. A interface deste sistema será mantida sem a realização de quaisquer testes e/ou avaliações de usabilidade até o final do seu desenvolvimento e será construída, testada e refinada uma versão prototipada desta mesma interface com o auxílio da ferramenta mencionada no capítulo anterior.

Ao final, existirão duas versões do sistema de apoio a testes com usuários: uma desenvolvida sem a realização de testes de usabilidade e a outra refinada após o uso da abordagem proposta. Será então realizado um teste de usabilidade para determinar se a versão final do sistema para a qual foram realizados testes com a ferramenta de prototipação de fato contém menos problemas de interface que a versão sem esta interferência.

O experimento será realizado em duas etapas, primeiramente haverá um teste com usuários nos protótipos da ferramenta, onde ocorrerá a coleta das métricas. Os dados coletados por este teste serão analisados e sugestões de mudança nas interfaces serão feitas e implementadas. Quando as alterações estiverem concluídas, serão realizadas Avaliações Heurísticas - segunda etapa – a fim de determinar se a interface que sofreu a interferência desta abordagem, de fato contém menos problemas de usabilidade.

Alguns parâmetros do experimento planejado são apresentados e descritos a seguir:

- **Variáveis independentes:** Para a primeira etapa do experimento, protótipos da ferramenta construídos e automatizados pelo computador. Para a segunda parte, interfaces totalmente funcionais da ferramenta, construídas com e sem a interferência da abordagem.
- **Variáveis dependentes:** Na primeira etapa, as variáveis dependentes são o resultado de cada uma das métricas coletadas durante o teste com os protótipos. Já as variáveis da segunda, são os problemas de usabilidade encontrados em cada um dos dois sistemas testados na avaliação heurística – aquele construído com a interferência da abordagem e o construído sem esta interferência.
- **Sujeitos:** Alunos de graduação e pós-graduação da Faculdade de Informática da PUCRS, para a primeira parte do experimento. Já a Avaliação Heurística será realizada por especialistas na área.
- **Objeto:** Protótipo e Sistema para auxílio a testes com usuários, modelado e desenvolvido no CPCA.
- **Variáveis de Bloqueio:** Não foram identificados.
- **Processo:** para o processo será utilizada uma abordagem *in vitro*, visto que os participantes executarão o teste em um laboratório de usabilidade sob condições controladas. Adicionalmente, visando mitigar o problema da difusão, os sujeitos participantes serão escalonados em horários diferentes e as execuções do experimento serão individuais. O experimento será conduzido durante o desenvolvimento do software avaliado, portanto, trata-se de um estudo *on-line*.
- **Questão:** A versão da interface gráfica construída com a ajuda da ferramenta de prototipação contém menos problemas de usabilidade do que a versão construída sem este auxílio?
  - **Métrica:** a métrica associada à questão exposta acima é a quantidade de problemas de usabilidade apontados pelos relatórios do teste de usabilidade executado.

Cabe ainda ressaltar alguns princípios que serão observados no projeto e execução do experimento:

- **Obstrução:** durante a experimentação, muitos dos participantes não possuem o mesmo nível de experiência acadêmica e profissional. Para minimizar o efeito da experiência sobre o experimento, os indivíduos serão selecionados utilizando o critério de conveniência;
- **Balanceamento:** este princípio será utilizado para que cada interface gráfica seja testada pela mesma quantidade de participantes.

A partir da questão de pesquisa proposta podem-se levantar duas hipóteses ( $H_0$  e  $H_1$ ) para investigação com o experimento:

$$H_0: \mu_{\text{normal}} = \mu_{\text{abordagem}}$$

$$H_1: \mu_{\text{normal}} > \mu_{\text{abordagem}}$$

Onde:

$\mu_{\text{normal}}$  representa a média de problemas de usabilidade encontrados pelos especialistas, durante a Avaliação Heurística, na versão do sistema que não sofreu a interferência da abordagem proposta. Já  $\mu_{\text{abordagem}}$  representa a média de problemas de usabilidade encontrados pelos especialistas, durante a Avaliação Heurística, na versão do sistema que sofreu a interferência da abordagem proposta.

O tipo de experimento planejado procura investigar se  $\mu_{\text{normal}}$  possui a mesma quantidade ou mais de problemas de usabilidade que  $\mu_{\text{abordagem}}$ . Para este fim, será utilizada uma abordagem de um fator e dois tratamentos. O fator, neste experimento, consiste na interface gráfica das duas versões do sistema e os tratamentos consistem nas abordagens utilizadas para a construção das mesmas.

A fim de auxiliar a controlar a ocorrência de vieses na pesquisa e ajudar a minimizar o efeito de hipóteses rivais plausíveis, os seguintes aspectos serão observados:

- **Validade interna:**
  - **Ambiente:** o ambiente onde será aplicado o experimento será definido e todos os participantes farão os testes no mesmo ambiente, evitando que os participantes possam sofrer influências externas;
  - **Difusão:** os participantes do experimento serão instruídos a não interagirem entre si. Adicionalmente, após a realização do teste por cada

participante, o mesmo não poderá se juntar aos demais que ainda não executaram.

- **Validade externa:**

- Para esta avaliação, os participantes selecionados possuirão um perfil apto aos tratamentos do experimento, apresentando, em sua maioria, conhecimento prévio sobre a área de Interação Humano-Computador, além de experiência em interação com softwares em geral.

## 6.2. Execução do experimento

O experimento, realizado em um laboratório de usabilidade, foi constituído de um cenário e mais cinco tarefas pertinentes a este contexto (ver Apêndice B). Antes do início da execução do experimento, solicitou-se que três pessoas conhecedoras do software submetido à avaliação, executassem o mesmo teste proposto aos participantes, a fim de gerar um conjunto de métricas. A média dos resultados coletados das métricas deste teste foi estipulada como sendo o ideal a ser alcançado. A Tabela 2 a seguir mostra estes dados.

Tabela 2: Resultados obtidos na execução dos testes com usuários conhecedores do software.

		<b>Usuário 1</b>	<b>Usuário 2</b>	<b>Usuário 3</b>	<b>Média</b>
<b>Tarefa 1</b>	Esforço	425	269	383	359
	Tempo	46s	40s	30s	39
<b>Tarefa 2</b>	Esforço	327	204	380	304
	Tempo	46s	32s	42s	40
<b>Tarefa 3</b>	Esforço	616	135	456	402
	Tempo	34s	21s	44s	23s
<b>Tarefa 4</b>	Esforço	219	168	200	196
	Tempo	19s	12s	15s	15s
<b>Tarefa 5</b>	Esforço	427	114	322	288
	Tempo	15s	5s	13s	11s

Para as métricas não mencionadas na Tabela 2 foram considerados os seguintes valores como esperados:

- Escala de Usabilidade do Sistema: 100;
- Sucesso de Tarefa: Todas as tarefas executadas com sucesso;
- Sucesso Parcial de Tarefa: Nenhuma tarefa com execução parcial;
- Auxílio e Documentação: Nenhum auxílio prestado e nenhuma documentação acessada;
- Desistência de Tarefas: Nenhuma tarefa com desistência;
- Tempo de Ajuda: Zero
- Número de Erros: Zero
- Raiva ou Frustração: Zero

Adicionalmente, considerou-se que para as métricas relacionadas a *layout*, a análise levaria em consideração apenas a Ordem e Complexidade, visto que ela, no seu cálculo, leva em consideração o resultado de todas as outras métricas do *layout* – Balanço, Seqüenciamento, Simetria e Equilíbrio. De acordo com o estudo de Ngo [44], o valor esperado para esta métrica é três, este mesmo valor foi adotado por este estudo.

#### 6.2.1. Perfil dos Participantes do Teste

Visando conhecer o perfil do conjunto de participantes, um questionário pré-teste foi aplicado antes de cada execução dos testes – Ver Apêndice C. Antes que os participantes o respondessem, foi solicitado que o Acordo Ético para a utilização dos dados e imagens fosse lido e assinado – Ver Anexo B.

A análise das respostas dos usuários mostrou que, do conjunto total de 10 participantes:

- 90% deles eram profissionais ligados a área de informática;
- 70% dos participantes eram homens, enquanto 30% eram mulheres;
- 90% utilizam o computador a mais de 5 anos;
- Todos os participantes, no mínimo, cursam ensino superior, sendo que 40% destes, já o concluíram;

- 70% relataram já terem tido contato com a área de IHC, profissional ou academicamente.

Visto que o objeto do experimento tratava-se de um software específico para auxílio a teste com usuários, o perfil dos participantes selecionados mostrou-se bastante próprio para o teste, visto que a maioria era experiente no uso de computadores e já havia tido contato com a área de IHC.

### 6.2.2. Dados Obtidos na Sessão de Testes com Usuários

A primeira tarefa que os usuários participantes deveriam executar consistia em utilizar os protótipos para criar um novo projeto. A Tabela 3 mostra os dados desta tarefa coletados durante a execução da referida tarefa.

Tabela 3: Dados coletados com a execução da primeira tarefa.

<b>Métrica</b>	<b>#1</b>	<b>#2</b>	<b>#3</b>	<b>#4</b>	<b>#5</b>	<b>#6</b>	<b>#7</b>	<b>#8</b>	<b>#9</b>	<b>#10</b>
Esforço	431	479	450	727	604	644	930	726	766	1130
Tempo Ajuda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tempo Tarefa	92	91	50	62	50	61	57	68	74	77
Auxílio/Documentação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de Erros	0	0	0	0	3	0	1	3	0	6
Raiva ou Frustração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sucesso Tarefa	Sim									
Sucesso Parcial	Não									
Desistência	Não									

A segunda tarefa solicitava aos usuários participantes que utilizassem os protótipos para criar um usuário com determinado conjunto de dados. A Tabela 4 mostra os dados coletados pela ferramenta durante a execução desta tarefa.

Tabela 4: Dados coletados com a execução da segunda tarefa.

<b>Métrica</b>	<b>#1</b>	<b>#2</b>	<b>#3</b>	<b>#4</b>	<b>#5</b>	<b>#6</b>	<b>#7</b>	<b>#8</b>	<b>#9</b>	<b>#10</b>
Esforço	367	353	341	457	774	584	930	726	766	642
Tempo Ajuda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tempo Tarefa	101	99	64	68	57	74	43	53	60	60
Auxílio/Documentação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de Erros	0	7	0	0	4	0	0	0	0	0
Raiva ou Frustração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sucesso Tarefa	Sim									
Sucesso Parcial	Não									
Desistência	Não									

A terceira das tarefas solicitava aos usuários participantes que criassem um questionário do tipo pré-teste e inserissem nele uma pergunta do tipo texto. A Tabela 5 mostra os dados coletados durante a execução desta tarefa.

Tabela 5: Dados coletados com a execução da terceira tarefa.

<b>Métrica</b>	<b>#1</b>	<b>#2</b>	<b>#3</b>	<b>#4</b>	<b>#5</b>	<b>#6</b>	<b>#7</b>	<b>#8</b>	<b>#9</b>	<b>#10</b>
Esforço	569	395	1212	592	990	777	568	921	723	656
Tempo Ajuda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tempo Tarefa	76	83	99	107	44	64	86	60	44	43
Auxílio/Documentação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de Erros	0	0	2	0	6	0	0	6	0	0
Raiva ou Frustração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sucesso Tarefa	Sim									
Sucesso Parcial	Não									
Desistência	Não									

A penúltima tarefa consistia em criar um *build* do projeto no qual se está trabalhando. A Tabela 6 mostra os dados que foram coletados durante esta tarefa.

Tabela 6: Dados coletados com a execução da quarta tarefa.

<b>Métrica</b>	<b>#1</b>	<b>#2</b>	<b>#3</b>	<b>#4</b>	<b>#5</b>	<b>#6</b>	<b>#7</b>	<b>#8</b>	<b>#9</b>	<b>#10</b>
Esforço	310	182	194	274	294	360	237	546	393	548
Tempo Ajuda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tempo Tarefa	25	24	34	24	17	41	17	31	25	30
Auxílio/Documentação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de Erros	0	0	0	0	0	0	0	10	3	3
Raiva ou Frustração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sucesso Tarefa	Sim									
Sucesso Parcial	Não									
Desistência	Não									

A quinta e última tarefa solicitava aos usuários que carregassem o usuário criado para completar a segunda tarefa. A Tabela 7 mostra os dados coletados desta execução de tarefa.

Tabela 7: Dados coletados com a execução da quinta tarefa.

<b>Métrica</b>	<b>#1</b>	<b>#2</b>	<b>#3</b>	<b>#4</b>	<b>#5</b>	<b>#6</b>	<b>#7</b>	<b>#8</b>	<b>#9</b>	<b>#10</b>
Esforço	273	210	425	729	821	493	221	604	251	349
Tempo Ajuda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tempo Tarefa	20	14	35	41	26	35	10	18	15	15
Auxílio/Documentação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Número de Erros	2	0	9	5	3	3	0	3	0	1
Raiva ou Frustração	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sucesso Tarefa	Sim									
Sucesso Parcial	Não									
Desistência	Não									

As métricas relacionadas a *layout* também foram coletadas após a sessão de testes, visto que as mesmas não precisam de usuários para que os dados sejam obtidos: apenas a disposição dos elementos em um protótipo é levada em consideração para efeitos de cálculo. A Tabela 8 mostra o resultado das métricas de *layout*: adotou-se 0 para

identificar desbalanceamento, assimetria e desequilíbrio, assim como 1 para designar balanço, simetria e equilíbrio.

Tabela 8: Valores obtidos das métricas relacionadas a layout.

	<b>Balanço</b>	<b>Simetria</b>	<b>Equilíbrio</b>	<b>Seqüenciamento</b>	<b>Ordem e Complexidade</b>
Protótipo 1	0	0	0	9	0,1000
Protótipo 2	0	0	0	10	0,0333
Protótipo 3	0	0	0	10	0,0263
Protótipo 4	0	0	0	10	0,0277
Protótipo 5	0	0	0	5	0,0833
Protótipo 6	0	0	0	9	0,0454
Protótipo 7	0	0	0	10	0,0217
Protótipo 8	0	0	0	10	0,0625
Protótipo 9	0	0	0	10	0,0357
Protótipo 10	0	0	0	10	0,0217
Protótipo 11	0	0	0	10	0,0357

Ao final de cada um dos testes, um questionário pós-teste era aplicado utilizando o conjunto de perguntas feitas pelo estudo de Brooke [10], a Escala de Usabilidade do Sistema – ver Anexo A. Os valores obtidos de cada um dos usuários são mostrados na Tabela 9.

Tabela 9: Valores obtidos da Escala de Usabilidade do Sistema [10].

	<b>Escala de Usabilidade do Sistema</b>
Participante 1	100
Participante 2	85
Participante 3	85
Participante 4	87,5
Participante 5	65
Participante 6	97,5
Participante 7	82,5
Participante 8	82,5
Participante 9	72,5
Participante 10	92,5

Para facilitar a análise dos dados, as médias de cada uma das métricas cujo valor era numérico e não zerado foram calculadas e tabuladas juntamente com a média esperada para cada uma das métricas.

Tabela 10: Comparativos entre as médias obtidas e os valores esperados.

		<b>Valor esperado</b>	<b>Valor Medido</b>	<b>Comparativo</b>
Tarefa 1	Esforço	359	689	92% maior
	Tempo	39s	68s	76% maior
	Número de Erros	0	1	-
Tarefa 2	Esforço	304	594	96% maior
	Tempo	40s	68s	70% maior
	Número de Erros	0	1	-
Tarefa 3	Esforço	402	740	84% maior
	Tempo	33s	59s	79% maior
	Número de Erros	0	1	-
Tarefa 4	Esforço	196	334	71% maior
	Tempo	15s	27s	76% maior
	Número de Erros	0	2	-
Tarefa 5	Esforço	288	438	52% maior
	Tempo	11s	23s	110% maior
	Número de Erros	0	3	-

Visto que todas as tarefas foram concluídas com êxito, sem a necessidade de nenhum auxílio e que nenhum dos participantes optou por desistir, a análise não levou estas métricas em consideração. A partir dos dados da comparação, para selecionar quais telas deveriam ser revisadas, considerou-se que todas as métricas cujo valor medido fosse 30% maior do que o esperado deveriam ser selecionadas. De acordo com os dados apresentados, todas foram selecionadas para revisão.

### 6.2.3. Refinamento do Protótipo

Visto que o esforço e tempo apresentaram uma alta significativa em relação ao esperado, as primeiras revisões dos protótipos procuraram corrigir problemas de usabilidade que pudessem resultar neste aumento de esforço e conseqüentemente, tempo.

Na tela de cadastro de projetos – Tarefa 1 – foram incluídas máscaras nos campos onde era necessário informar alguma data. Também foi incluída a informação de quais campos eram obrigatórios e corrigido um campo que não aceitava a tecla <tab> para mudar o foco. A falta de ação da tecla <tab> faz com que seja necessário o uso do mouse em uma interação onde o teclado é o principal meio de comunicação, visto que esta é uma tela de cadastro.

Na tela de cadastro de usuários – Tarefa 2 – foram feitas as mesmas alterações da tela de projetos, porém foi acrescida a máscara para o campo do telefone. O campo de escolaridade recebeu um componente onde era possível selecionar a escolaridade ao invés de ter que digitar.

A tela de cadastrar questionário – Tarefa 3 – no sistema desenvolvido sem a interferência da abordagem era dividida em duas partes, uma na qual apenas se informavam o nome do questionário e o seu tipo – pré ou pós-teste. Ao confirmar os dados nesta, uma segunda tela era aberta, onde era possível cadastrar as perguntas que seriam feitas no questionário. Visando reduzir o tempo e o esforço, estas telas foram unificadas. Criou-se uma tela única através da qual era possível informar os dados do questionário e já inserir as perguntas desejadas. Adicionalmente, aplicou-se o mesmo conjunto de alterações feitas na primeira tela.

O cadastro de *builds* – tarefa 4 – é uma tela com poucas informações, apenas 2 campos. Para ela, aplicaram-se as alterações feitas na primeira tela. Adicionalmente, foi trocado o campo onde era informado o *build*, que era um campo de texto simples, por um componente onde o n\*úmero do *build* pode ser incrementado.

Para a tela da seleção de usuário, que era a última das tarefas a serem realizadas, aplicaram-se, também, as alterações de interface realizadas na tela de cadastro de projetos e mais a troca do texto do botão de “Carregar Usuário” para “Selecionar Usuário”, a fim de ficar de acordo com a tela principal, que informa: “Usuário Selecionado:” e não “Usuário Carregado:”, visto que o maior número de erros durante o teste foi justamente nesta tela, causado pela dificuldade em associar a texto do botão a sua função.

Como todas as métricas de *layout* mostraram valores desfavoráveis: desbalanceamento, desequilíbrio, assimetria e sequenciamento, tentou-se também corrigir o *layout* para que a tela ficasse de acordo com o esperado. O sequenciamento foi possível melhorar nos *layouts*, bastava para tanto fazer um arranjo diferente priorizando a ordem requerida, como foi detalhado na descrição da métrica. As medidas de balanço de tela, equilíbrio de tela e simetria de tela, tornaram difícil a alteração do *layout* devido ao seu caráter preciso, ou seja, um botão que estivesse 1 mm mais para o lado já representava um problema para a métrica, pois apontava que o *layout* estava desbalanceado, desequilibrado ou assimétrico. Desta maneira, não foi possível satisfazer todas as métricas propostas pelo trabalho de Ngo [44] e, no redesenho das telas, este conjunto de métricas foi desprezado.

#### 6.2.4. Avaliação por especialistas

Quando o experimento mostrado na sessão anterior foi idealizado, já existia um protótipo do sistema de auxílio a testes com usuários. As telas deste protótipo foram replicadas para a ferramenta de prototipação e testadas conforme mostrado; no entanto, o desenvolvimento do sistema continuou sem interferências, ou seja, no momento da conclusão das alterações de interface, duas versões do sistema de auxílio a teste com usuários – objeto do teste anterior – passaram a existir: uma concluída a partir do refinamento feito com os resultados da abordagem e outra concluída sem nenhuma interferência. Assim, tão logo todas as alterações de interface foram concluídas (na

versão com interferência da abordagem), uma Avaliação Heurística – ver Apêndice D – foi conduzida. Esta avaliação foi realizada por 3 especialistas na área de IHC, sendo 2 mestres e 1 doutor, e solicitava que os especialistas testassem somente as interfaces utilizadas nos protótipos dos testes com usuários. As avaliações duraram em média 40 minutos e mostraram os resultados que são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11: Número de Problemas encontrados por avaliador na Avaliação Heurística.

<b>Avaliador</b>	<b>Número de problemas Encontrados</b>
<b>Versão com interferência</b>	
Avaliador 1	18
Avaliador 2	14
Avaliador 3	12
<b>Versão sem Interferência</b>	
Avaliador 1	24
Avaliador 2	23
Avaliador 3	13

Os dados apresentados apontam que o sistema cuja interface foi refinada com o auxílio da abordagem proposta teve uma média de 15 problemas enquanto o sistema cuja interface não sofreu interferência alguma, teve uma média de 20 problemas.

Na versão com interferência, grande parte dos problemas encontrados foram referentes à validação de data, à localização de mensagens e a textos não exibidos corretamente. Já na versão sem interferência ocorreram problemas de validação em vários campos, indicação de campos obrigatórios não existentes, objetos utilizados incorretamente, como *checkboxes* permitindo múltipla escolha.

Cabe ressaltar ainda que a quantidade de problemas catastróficos – grau de severidade 4 – encontrados no sistema refinado pela abordagem foi reduzido mais de três vezes em relação ao sistema sem interferência. A Tabela 12 mostra a distribuição de frequência entre os graus de severidade que foram encontrados pela Avaliação Heurística.

Tabela 12: Distribuição de frequência dos graus de severidade.

<b>Com interferência</b>	
<b>Severidade</b>	<b>Frequência</b>
Não Concordo (0)	0
Cosmético (1)	4
Pequeno (2)	24
Grande (3)	36
Catastrófico (4)	10
<b>Sem Interferência</b>	
<b>Severidade</b>	<b>Frequência</b>
Não Concordo (0)	0
Cosmético (1)	3
Pequeno (2)	23
Grande (3)	43
Catastrófico (4)	32

## 7. CONCLUSÃO

A antecipação da avaliação de usabilidade constitui um importante elemento para auxiliar a reduzir os custos envolvidos na produção de software, visto que, quanto antes um determinado problema de usabilidade é detectado e resolvido, menos custo de retrabalho e financeiro será demandado.

Neste âmbito, existem diversas alternativas que auxiliam as equipes de desenvolvimento a realizar esta antecipação, como o uso de modelos, cenários e protótipos como base para a avaliação, no lugar de executá-la sobre o produto finalizado (ou em fase final de desenvolvimento). Apesar de as avaliações de usabilidade que utilizam protótipos serem bem difundidas, a maioria necessita de um protótipo totalmente funcional para sua aplicação.

Este tipo de protótipo normalmente é utilizado nas fases mais adiantadas dos projetos de desenvolvimento de software; assim, visando possibilitar a antecipação da avaliação, o presente trabalho apresentou uma abordagem que permite que esta seja feita por meio da utilização de protótipos elaborados mediante o uso de uma ferramenta computacional, capaz de auxiliar na criação e simulação de protótipos de interfaces e coleta de métricas.

A utilização de métricas sobre protótipos, para a realização de avaliações de usabilidade, permite que, dependendo da métrica selecionada, áreas do sistema com possíveis problemas possam ser apontadas. Além disto, se realizados novos testes utilizando as interfaces refinadas com o auxílio da abordagem, é possível ainda quantificar as melhorias realizadas pelas mudanças de *layout* efetuadas.

Durante a realização desta dissertação, o processo de revisão sistemática contribuiu significativamente para a coleta de estudos relacionados a métricas de usabilidade e permitiu que muitos trabalhos relevantes pudessem ser analisados, além de constituir uma contribuição para a área, provendo pesquisadores com uma lista de importantes trabalhos sobre o tema [5].

Alguns dos estudos coletados pela revisão sistemática, apesar de apresentarem métricas passíveis de ser coletadas a partir de protótipos, pouco contribuíram para o refinamento dos desenhos das interfaces, como, por exemplo, a métrica de satisfação, representada pelo trabalho desenvolvido por Brooke [10] e as métricas de *layout*,

representadas pelo trabalho de Ngo [44]. Apesar das tentativas de manter o alinhamento, balanceamento e simetria dos *layouts*, não foi possível atender a estas métricas e continuar com a mesma ideia de *layout*, pois limitaria o desenho da interface. Já a métrica de satisfação não sugere nenhuma ocorrência de problemas de interface.

A limitação deste tipo de abordagem, que utiliza métricas para avaliar usabilidade, é que um valor coletado durante uma sessão de testes somente aponta onde pode ter haver um determinado problema e não diz, de fato, qual é o problema encontrado (ou como saná-lo). Ou seja, mesmo utilizando esta abordagem, a avaliação de um especialista em IHC não está descartada, se fazendo necessária uma análise crítica dos valores coletados e dos fatores que possam estar causando uma distorção nos valores esperados para a métrica. Em contrapartida, mesmo que não haja a presença de um profissional especializado, é possível medir, a partir de novos testes, se as interfaces estão sendo melhoradas ou, ainda, se estão atendendo a requisitos de usabilidade, como: pouco esforço, tempo específico para concluir uma tarefa e etc. Cabe ressaltar ainda que, como algumas destas métricas podem avaliar como deve ser o sistema, à exemplo das métricas de tempo, estas também devem ser consideradas na hora de projetar as interfaces.

Além disto, devido à ferramenta ter sido construída para ser utilizada com protótipos de aplicativos para *desktop*, os resultados apresentados não levaram em consideração aplicações móveis ou web. Esta abordagem pode ser generalizada e ter sua utilidade estendida para avaliar outros tipos de aplicativos – web e móvel – desde que a ferramenta seja adaptada para tal fim.

Apesar das limitações encontradas, julgamos que os objetivos deste trabalho foram alcançados, da seguinte maneira: com o uso da abordagem no experimento realizado, o número de problemas de usabilidade da interface foi, de fato, menor no sistema que sofreu sua interferência, além de ter diminuído em mais de 3 vezes o número de problemas com grau de severidade catastrófico. Outro fator positivo é sua facilidade de utilização, sendo que apenas um especialista pode efetuá-la, ou seja, não há a necessidade de outros profissionais para auxílio, como é normalmente visto na prototipação em papel, onde são necessários profissionais para observar o teste e para desempenhar o papel de computador.

Como próximos passos deste trabalho sugere-se estender a revisão sistemática, incluindo novas bases de pesquisas eletrônicas, para, a partir dos resultados, estudar que outras métricas poderiam ser adicionadas a abordagem proposta neste trabalho. Sugere-

se também, como resultado de um comentário de um dos participantes do teste com usuários, a inclusão, no segundo módulo da ferramenta, de formas de medir automaticamente o uso da documentação de sistema, quando disponível.

Dentre os trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos a partir deste, prevê-se: a inclusão de um sistema de *eye-tracking* para medir o esforço dos olhos, como sugerido por Tamir et al [68]. Outro possível trabalho futuro está descrito em Silva et al [65], no qual se propõe a integração do método proposto nesta dissertação com um método de avaliação de usabilidade baseada em modelos apresentado em Silva & Silveira [66]. Este método propõe a utilização de diretrizes para avaliação de usabilidade a partir de modelos, tais como, Diagramas de Casos de Uso, Diagramas de Atividades, Modelos de Tarefas e Modelos de Interação. A proposta de integração apresentada em Silva et al [65] consiste em um *framework* para antecipação da avaliação de usabilidade, o qual provê ferramentas para avaliar de forma antecipada diferentes artefatos.

Estes métodos podem ainda ser utilizados de forma complementar, uma vez que a verificação de diretrizes a partir de modelos pode ser considerada um método de avaliação por inspeção, no qual profissionais com pouca experiência podem aplicá-lo; enquanto o método de avaliação a partir de protótipos pode ser considerado um método empírico, no qual há a necessidade de usuários realizando tarefas e especialistas observando-os. Outro motivo para a utilização dos métodos de forma complementar é o fato de a avaliação baseada em modelos apontar problemas ao passo que o método de avaliação a partir de protótipos fornece indícios de onde o problema pode estar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. G. F. Abrão , R. F. Luckei, "Protótipo Online: ferramenta para prototipação de interfaces", Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Informática, PUCRS, 2008.
- [2] ACM. ACM's Special Interest Group on Computer-Human Interaction. Capturado em: <http://www.sigchi.org>, Dezembro, 2009
- [3] J. Arnowitz, M. Arent, N. Berger, "Effective Prototyping for Software Makers" San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2007, p. 624p
- [4] E. M. Babiker, H. Fujihara, C. D. B. Boyle, "A metric for hypertext usability", In: SIGDOC '91: Proceedings of the 9th annual international conference on Systems documentation, 1991, pp. 95-104
- [5] G. Baseggio , M. S. Silveira, "A Systematic Review on Metrics for Usability Evaluation", In: Proceedings of the IADIS International Conference on Applied Computing, 2009, pp. 395-403
- [6] H. Beyer , K. Holtzblatt, "Contextual Design: Defining Customer-Centered Systems" San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 1998, p. 496
- [7] J. Biolchini, P. G. Mian, A. C. C. Natali, G. H. Travassos, "Techincal Report RT-ES 679/05: Systematic Review in Software Engineering", COPPE/UFRJ, 2005Rio de Janeiro,.
- [8] G. Booch, J. Rumbaugh, I. Jacobson, "UML: guia do usuário" Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2006, 2nd ed., p. 500
- [9] G. Brajnik , R. Lomuscio, "SAMBA: a semi-automatic method for measuring barriers of accessibility", In: Assets '07: Proceedings of the 9th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility, 2007, pp. 43-50
- [10] J. Brooke, "SUS: A Quick and Dirty Usability Scale," in *Usability Evaluation in Industry*, Weerdmeester , I. L. McClelland, Eds. London, UK: Taylor & Francis, 1996, pp. 189-194.
- [11] J. M. Carroll, "Making Use: Scenario-Based Design of Human-Computer Interactions"

Cambridge: The MIT Press, 2000, p. 368

- [12] E.J. Chang, D.J. Dillon, D. Cook, "An intelligent system based usability evaluation metric", In: IIS '97. Proceedings of Intelligent Information Systems, 1997, pp. 8-10
- [13] M. Cohn, "User Stories for Agile Software Development" New York, Pearson Education, 2006, p. 304
- [14] L. L. Constantine , L. A. D. Lockwood, "Software for Use: A Practical Guide to the Models and Methods of Usage-Centered Design" San Francisco: Addison-Wesley Professional, 1999, p. 608
- [15] G. Covella , L. A. Olsina, "Assessing quality in use in a consistent way", In: ICWE '06: Proceedings of the 6th international conference on Web engineering, 2006, pp. 1-8
- [16] G. Curtis , L. Vertelney, Storyboards and Sketch Prototypes for Rapid Interface Visualization, 1990, CI-tl+90 Tutorial.
- [17] W. Cybis, "Ergonomia e Usabilidade: Conhecimentos, Métodos e Aplicações" São Paulo, SP: Novatec Editora, 2007, p. 352
- [18] A. Dix, J. Finlay, G. D. Abowd, R. Beale, "Human-Computer Interaction" Harlow: Prentice Hall, 2004, 3rd ed., p. 834
- [19] M.K. Donyae, A. Seffah, J. Rilling, "Benchmarking usability of early designs using predictive metrics", In: ISIC - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2007, pp. 2514-2519
- [20] J. C. Dürsteler. DENIM from Pencil to Web. Capturado em: <http://www.infovis.net/printMag.php?num=122&lang=2>, Dezembro, 2009
- [21] A. P. Freire, T. J. Bittar, R. P. M. Fortes, "An approach based on metrics for monitoring web accessibility in Brazilian municipalities web sites", In: SAC '08: Proceedings of the 2008 ACM symposium on Applied computing, 2008, pp. 2421--2425
- [22] W. O. Galitz, "The Essential Guide to User Interface Design: An Introduction to GUI Design Principles and Techniques" Indianápolis, Indiana: Wiley Publishing, 2007, 3rd ed., p. 736
- [23] M. Gosur. Identity Design. Capturado em: <http://www.icancreatethat.com/identity.htm>, Dezembro, 2009

- [24] D. M. Gruen. (2000) IBM Research Collaborative User Experience Technical Report 00-03. [Online]. [www.research.ibm.com/cambridge](http://www.research.ibm.com/cambridge)
- [25] M. Hermann. Notas de Produção. Capturado em: <http://www.kickerfilm.de/english/productionnotes/>,
- [26] D. Hix , H. R. Hartson, "Developing User Interfaces: Ensuring Usability Through Product And Process" New York: John Wiley, 1993, p. 416
- [27] K. Holtzblatt, J. B. Wendel, S. Wood, "Rapid Contextual Design: A how-to guide to key techniques for user-centered design" São Francisco: Elsevier, 2005
- [28] M. Y. Ivory , M. A. Hearst, "Statistical profiles of highly-rated web sites", In: CHI '02: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, 2002, pp. 367-374
- [29] M. Y. Ivory, R. R. Sinha, M. A. Hearst, "Empirically validated web page design metrics", In: CHI '01: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, 2001, pp. 53-60
- [30] M. Käki, "Proportional search interface usability measures", In: NordiCHI '04: Proceedings of the third Nordic conference on Human-computer interaction, 2004, pp. 365-372
- [31] N. Kantola , T. Jokela, "SVSb: simple and visual storyboards: developing a visualisation method for depicting user scenarios", In: OZCHI '07: Proceedings of the 2007 conference of the computer-human interaction special interest group (CHISIG) of Australia on Computer-human interaction: design: activities, artifacts and environments, 2007, pp. 49-56
- [32] B. Keevil, "Measuring the usability index of your Web site", In: SIGDOC '98: Proceedings of the 16th annual international conference on Computer documentation, 1998, pp. 271-277
- [33] B. Kitchenham, "Preliminary Guidelines for Empirical Research in Software Engineering", *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 28-2, August 2002
- [34] B. Kitchenham, "Technical Report TR/SE-0401: Procedures for Performing Systematic Reviews", Joint Technical Report, Keele University; ICT; NICTA, 2004Keele, 1353-7776,.

- [35] Y. Lim, A. Pangam, S. Periyasami, S. Aneja, "Comparative analysis of high- and low-fidelity prototypes for more valid usability evaluations of mobile devices.", In: Proceedings of the 4th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Changing Roles, 2006, pp. 291-300
- [36] K. Linderman, "Six Sigma: a goal-theoretic perspective", *Journal of Operations Management*, 2003, pp. 193-203
- [37] L. Liu , P. Khooshabeh, "Paper or Interactive? a study of prototyping techniques for ubiquitous computing environments", In: CHI'03 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, 2003, pp. 1030-1031
- [38] D. J. Mayhew, "The Usability Engineering Lifecycle: A practitioner's Handbook for User Interface Design" San Francisco: Morgan-Kaufmann, 1999, p. 560
- [39] M. McCurdy, C. Connors, G. Pyrzak, B. Kanefsky, A. Vera, "Breaking the Fidelity Barrier", In: Proceedings of the Computer-Human Interaction: Usability Methods (CHI 2006), 2006, pp. 1233-1242
- [40] M. McGee, "Master usability scaling: magnitude estimation and master scaling applied to usability measurement", In: CHI '04: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, 2004, pp. 335-342
- [41] T-J. Nam, "Sketch-based rapid prototyping platform for hardware-software integrated interactive products", In: CHI '05: CHI '05 extended abstracts on Human factors in computing systems, 2005, pp. 1689-1692
- [42] W. Newman , M. Lamming, "Interactive System Design" Harlow: Addison-Wesley, 1995, vol. 504
- [43] M. W. Newman, J. Lin, J. I. Hong, J. A. Landay, "DENIM: An Informal Web Site Design Tool Inspired by Observations of Practice", In: Human-Computer Interaction, 2003, pp. 259-324
- [44] D.C.L. Ngo , J.G. Byrne, "Aesthetic measures for screen design", In: Proceedings of 1998 Australasian Computer Human Interaction Conference, 1998, pp. 64-71
- [45] J. Nielsen. Jakob Nielsen's Alertbox. Capturado em: <http://www.useit.com/alertbox/20030414.html>,

- [46] J. Nielsen, "Usability Engineering" London: Academic Press, 1993, p. 362
- [47] J. Nielsen , R. L. Mack, "Usability Inspection Methods" New York, NY, USA: John Wiley & Sons, 1994, p. 448
- [48] H. Obendorf , M. Finck, "Scenario-based usability engineering techniques in agile development processes", In: CHI '08: CHI '08 extended abstracts on Human factors in computing systems, 2008, pp. 2159-2166
- [49] E. O'Brien , I. Mirza. Neuroscience for Kids. Capturado em: <http://www.eobrien.net/neuro/prototypes.html>,
- [50] T. A. O'Connel , C. Yee-Yin, "Metrics for measuring human interaction with interactive visualizations for information analysis", In: CHI '08: Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems, 2008, pp. 1493-1496
- [51] M. Pai et al., "Systematic Reviews and Meta-analyses: An illustrated step-by-step guide", Technical Report, Berkeley Systematic Reviews Group, 2004.
- [52] J. Preece, Y. Rogers, H. Sharp, "Interaction Design" New York, NY, USA: Wiley, 2002, 1st ed., p. 800
- [53] J. Preece et al., "Human Computer Interaction: Concepts and Design" New York, NY, USA: Addison Wesley, 1994, 1st ed., p. 816
- [54] M. Rauterberg, "How to measure and to quantify usability attributes of man-machine interfaces", In: 5th IEEE International Workshop on Robot and Human Communication, 1996, pp. 262-267
- [55] R. Rosenholtz, Y. Li, J. Mansfield, Z. Jin, "Feature congestion: a measure of display clutter", In: CHI '05: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, 2005, pp. 761-770
- [56] J. Rudd, K. R. Stern, S. Isensee, "Low vs. high-fidelity prototyping debate", *Interactions*, vol. III-I, 1996, pp. 76-85
- [57] J. Sauro , E. Kindlund, "A method to standardize usability metrics into a single score", In: CHI '05: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, 2005, pp. 401-409

- [58] G. Seward, T Hall, T Barker, "Assessing usability through perceptions of information scent", In: Proceedings of 10th International Symposium on Software Metrics, 2004, pp. 337-346
- [59] J. Scholtz, "Beyond Usability: Evaluation Aspects of Visual Analytic Environments", In: IEEE Symposium On Visual Analytics Science And Technology, 2006, pp. 145-150
- [60] A. Sears, "AIDE: a step toward metric-based interface development tools", In: UIST '95: Proceedings of the 8th annual ACM symposium on User interface and software technology, 1995, pp. 101-110
- [61] R. Sefelin, M. Tscheligi, V. Giller, "Paper Prototyping - what is it good for? : a comparison of paper - and computer-based low-fidelity prototyping", In: CHI'03 extended abstracts on Human Factors in Computing Systems, 2003, pp. 778-779
- [62] A. Seffah, M. Donyaee, R. B. Kline, H. K. Padda, "Usability Measurement and Metrics: A consolidated model", *Software Qual J*, 2006, pp. 2514-2519
- [63] H. Sharp, Y. Rogers, J. Preece, "Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction" Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2007, 2nd ed., p. 800
- [64] B. S. Silva, V. C. O. Aureliano, S. D. J. Barbosa, "Extreme designing: binding sketching to an interaction model in a streamlined HCI design approach", In: IHC '06: Proceedings of VII Brazilian symposium on Human factors in computing systems, 2006, pp. 101-109
- [65] T. Silva, G. Baseggio, M. Silveira, "Towards a Framework for Usability Evaluation Anticipation", In: Proceedins of the IADIS International Conference on Applied Computing, 2009, pp. 411-421
- [66] T. Silva , M. Silveira, "Antecipando a avaliação de IHC: verificação de diretrizes a partir de modelos", In: Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Fatores Humanos em Sistemas Computacionais, 2008, pp. 248-251
- [67] C. Snyder, "Paper Prototyping: The Fast And Easy Way to Design and Refine User Interfaces" San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers, 2003, p. 408
- [68] D. Tamir, O. V. Komogortsev, C. J. Mueller, "An effort and time based measure of usability", In: WoSQ '08: Proceedings of the 6th international workshop on Software quality, 2008, pp. 47-52

- [69] The Cochrane Collaboration, Cochrane Colaboration open learning material for reviewers, 2002.
- [70] M. Tohidi, W. Buxton, R. Baecker, A. Sellen, "Getting the right design and the design right", In: CHI '06: Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems, 2006, pp. 1243-1252
- [71] H. Tonn-Eichstädt, "Measuring website usability for visually impaired people-a modified GOMS analysis", In: Assets '06: Proceedings of the 8th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility, 2006, pp. 55-62
- [72] K. N. Truong, G. R. Hayes, G. D. Abowd, "Storyboarding: an empirical determination of best practices and effective guidelines", In: DIS '06: Proceedings of the 6th conference on Designing Interactive systems, 2006, pp. 12-21
- [73] T. Tullis , B. Albert, "Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics" Burlington, MA, USA: Morgan Kaufmann Publishers, 2008, p. 336
- [74] UFRJ. Conceito: Informativo Técnico do Núcelo de Computação Eletrônica da UFRJ. Capturado em: <http://www.nce.ufrj.br/conceito/artigos/2005/03p3-1.htm>, Dezembro, 2009
- [75] M. Vigo, M. Arrue, G. Brajnik, R. Lomuscio, J. Abascal, "Quantitative metrics for measuring web accessibility", In: W4A '07: Proceedings of the 2007 international cross-disciplinary conference on Web accessibility (W4A), 2007, pp. 99-107
- [76] W3C. Web Content Accessibility Guidelines 2.0. Capturado em: <http://www.w3.org/TR/WCAG20/>, Dezembro, 2009
- [77] N. William , M. Lamming, "Interactive Sytem Design" Harlow: Addison-Wesley, 1995, p. 504
- [78] P. Wolkerstorfer et al., "Probing an agile usability process", In: CHI '08: CHI '08 extended abstracts on Human factors in computing systems, 2008, pp. 2151-2158

## APÊNDICE A – REVISÃO SISTEMÁTICA

Segundo Biolchini [7], a revisão sistemática é um método que permite identificar e avaliar, de maneira criteriosa, todas as pesquisas realizadas acerca de um determinado tópico de interesse. Este tipo de pesquisa pressupõe que sejam previamente definidos os passos que serão executados para a investigação do tema. E, esta sequência, por sua vez, define como os resultados serão avaliados. Há várias razões que justificam a condução de revisões sistemáticas, dentre elas [34]:

- sumarizar pesquisas envolvendo um determinado tema;
- identificar eventuais lacunas nas pesquisas atuais e sugerir novas investigações;
- prover uma revisão do estado-da-arte a fim de embasar novas pesquisas;

Este tipo de revisão é geralmente dividido em cinco etapas: formulação do problema, coleta de dados, avaliação de dados, análise e interpretação de dados e, por fim, a apresentação e conclusão [7].

Uma das partes fundamentais da realização de revisões sistemáticas é a construção do protocolo que guiará a pesquisa. A construção deste ajuda a minimizar os vieses e a controlar a condução da pesquisa, podendo, a partir dele, serem delegadas tarefas a pesquisadores, identificados os recursos necessários e ainda verificados os progressos da pesquisa [69].

O protocolo utilizado por este trabalho é baseado no protocolo proposto por Biolchini [7]. Este protocolo detalha a estratégia utilizada para realizar a coleta de estudos primários. Os itens contidos neste protocolo serão detalhados a seguir.

## 1. Questões de Pesquisa

Esta revisão sistemática aplica-se aos métodos ou abordagens para a seleção e coleta de métricas para avaliação de usabilidade em interfaces com o usuário. Desta maneira, as questões de pesquisa que foram propostas buscaram especificamente identificar estes métodos e, ainda, identificar possíveis lacunas nas pesquisas realizadas nesta área. Objetiva-se, também, que os resultados das questões de pesquisa sirvam como fonte de ajuda para outros pesquisadores da área. A tabela 1 apresenta estas questões de pesquisa e as motivações para a sua criação.

Tabela 1: Informações sobre as questões de pesquisa.

Questão	Motivação
Q1: Quais as revistas, jornais, conferências e simpósios que possuem mais artigos publicados sobre métricas para avaliação de usabilidade?	Prover uma lista de revistas, jornais, conferências e simpósios mais relevantes acerca do tema métricas.
Q2: Quais são os métodos, técnicas ou abordagens para a seleção e coleta de métricas para avaliação de usabilidade?	Conhecer o estado da arte envolvendo a elaboração e coleta de métricas.
Q3: Que métodos, técnicas ou abordagens para a seleção e coleta de métricas são os mais citados?	Estabelecer um grupo de controle para embasar e medir resultados de futuros experimentos
Q4: Quais destes métodos, técnicas ou abordagens pressupõem a utilização de algum tipo de protótipo de interface com o usuário ou foram criados especificamente para uso com protótipos?	Conhecer eventuais lacunas nas pesquisas realizadas nesta área.

As revisões sistemáticas praticadas hoje em dia por pesquisadores da área de informática tiveram sua origem na medicina [34]. Nesta área, as questões clínicas de pesquisa são ditas bem formuladas quando possuem as quatro partes, identificadas como PICO (*Population, intervention, comparison and outcome*): população, intervenção, comparação e resultados [51].

Desta forma, aplicando-se os mesmos conceitos utilizados pelos pesquisadores da medicina, como sugere [33], tem-se, para a revisão aqui apresentada:

- **população:** processos de avaliação de usabilidade quaisquer;
- **intervenção:** métodos, técnicas ou abordagens para a elaboração e coleta de métricas para a avaliação de usabilidade.
- **comparação e resultados:** métodos, técnicas ou abordagens para a elaboração e coleta de métricas para a avaliação de usabilidade.

Nenhuma restrição foi feita quanto à forma de avaliação e experimentação dos trabalhos coletados. Comparação e resultados repetem-se, pois as intervenções que serão selecionadas são exatamente os resultados esperados.

## 2. Seleção de Fontes e Estratégia de Pesquisa.

A seleção das fontes e a estratégia de pesquisa buscam definir o escopo do estudo [7]. O critério utilizado para a seleção das fontes para pesquisa foi utilizar somente bases de dados eletrônicas onde fosse possível realizar buscas através da *web*. As fontes utilizadas foram:

- IEEExplore (<http://ieeexplore.ieee.org>);
- ACM Digital Library (<http://www.acm.org/dl>);
- SpringerLink (<http://www.springerlink.com>).

Já a estratégia de pesquisa utilizada foi elaborar uma *string* de pesquisa a partir dos termos utilizados (e correlacionados) na população, intervenção e resultados das questões de pesquisa. E estes termos foram, então, concatenados utilizando-se os operadores binários: AND, para incluir termos, e OR, para relacionar sinônimos e termos correlatos. Desta forma, a string de pesquisa utilizada por este estudo foi:

- ((measurement OR measurements OR metrics OR metric) AND (usability) AND (evaluation))

### 3. Critérios de Inclusão e Exclusão de Trabalhos

Os critérios de inclusão e exclusão são necessários devido à quantidade de resultados que as consultas em bases eletrônicas retornam. Muitos dos termos utilizados podem ter outros significados em outros contextos diferentes da usabilidade. Assim, os critérios para a inclusão dos estudos encontrados ficaram assim estabelecidos:

- os estudos devem estar disponíveis nas bibliotecas eletrônicas consultadas;
- os estudos devem conter o texto completo (*Full Paper*) da pesquisa e experimentos;
- os estudos devem estar redigidos em inglês;
- os estudos devem conter propostas de abordagens, técnicas, processos ou metodologias para a criação, seleção e coletas de métricas para avaliação de usabilidade, independente do conceito de usabilidade entendido pelo autor.

Foram automaticamente excluídos da pesquisa os estudos que relatavam experiências de uso de determinadas técnicas ou que comparavam abordagens. Nenhuma restrição foi feita quanto à data de publicação dos estudos.

A aplicação da estratégia de pesquisa apresentada resultou em uma lista preliminar de estudos, a qual, por sua vez, foi revisada em busca de eventuais equívocos. Todos os estudos que geraram dúvida quanto à inclusão ou exclusão foram mantidos na lista.

Para a seleção final de estudos, todos os artigos coletados foram lidos e analisados inteiramente. O resultado desta revisão é uma lista de estudos habilitados ao processo de extração dos dados. Novamente, esta revisão incluiu os estudos que geraram dúvida quanto a sua inclusão ou exclusão.

### 4. Resultados

As bases eletrônicas selecionadas foram consultadas utilizando a string de pesquisa referenciada anteriormente, sem ser necessária nenhuma alteração. O conjunto final de estudos coletados foi lido na íntegra e para cada um deles, foram coletadas as informações pertinentes às respostas das questões de pesquisa propostas, além da

informação para a referência padrão. As informações extraídas são apresentadas a seguir, relacionadas a cada uma das questões elaboradas.

**a. Q1: Quais as revistas, jornais, conferências e simpósios que possuem mais artigos publicados sobre métricas para avaliação de usabilidade?**

Cerca de 30% dos estudos coletados por esta revisão foram publicados pela conferência denominada *International Conference on Human Factors in Computing Systems* (CHI) [2]. Esta conferência é a maior do mundo na área de Interação Humano-Computador. A *Assets*, conferência especializada em Acessibilidade, juntamente com a conferência do grupo SIGDOC, ambas organizadas pela ACM, possuem cada uma, cerca de 5% dos estudos coletados.

**b. Q2: Quais são os métodos, técnicas ou abordagens para a seleção e coleta de métricas para avaliação de usabilidade?**

A resposta para esta questão está contida no capítulo intitulado “Métricas para Avaliação de Usabilidade”

**c. Q3: Que métodos para elaboração e coleta de métricas são os mais citados?**

Os estudos coletados referenciam uma quantidade grande de outros autores, no entanto, foi possível observar que alguns são freqüentemente citados ou utilizados como base para outras propostas. Esta revisão apontou os seguintes estudos como os mais citados:

- GOMS [John and Kieras, 1996];
- Web Metrics [Ivory, 2002];
- SUMI [Kirakowski and Corbett, 1993];

Embora não trate especificamente sobre métricas, muitos autores baseiam-se em conceitos das normas ISO (i.e 9241) para estabelecer sob quais aspectos a usabilidade é dividida.

**d. Q4: Quais destes métodos, técnicas ou abordagens pressupõem a utilização de algum tipo de protótipo de interface com o usuário ou foram criados especificamente para uso com protótipos?**

Após a leitura completa dos estudos, foi possível perceber que uma considerável parte das abordagens propostas necessita de um protótipo totalmente funcional para que as métricas sejam coletadas e avaliadas [9,21,32,60,75].

Embora o estudo realizado por Donyaee [19] proponha o uso de métricas preditivas a fim de que se dispense o uso de protótipos totalmente funcionais para a realização de testes, o trabalho não faz nenhuma menção sobre como estes protótipos devem ser. Também não faz menções sobre protótipos em papel e tampouco sobre *storyboards*.

Como visto anteriormente, esta revisão foi conduzida no contexto de uma pesquisa maior que visa elaborar uma abordagem para a criação e coleta de métricas a partir de protótipos de baixa fidelidade ou *storyboards*. No entanto, não foram encontradas evidências de uma abordagem que se proponha a auxiliar na medição de usabilidade com o uso das técnicas de prototipação.

A tabela a seguir apresenta todos os estudos que foram coletados juntamente com seus abstracts.

Tabela 2: Estudos coletados pela revisão sistemática

Trabalho	Abstract
<b>Aesthetic Measures of Screen Design</b> – David Ngo and John Byrne – 1998 – CHI'98	One way to enhance usability of a computer system is to improve the appearance (beauty) of the interface. The research reported here concerns making computers easier to learn and use by improving interface aesthetics through the use of aesthetic measures for evaluating

	<p>screen <i>layouts</i>. We introduce five aesthetic measures: balance, equilibrium, symmetry, sequence, and order and complexity. The results of our informal study of the aesthetic measures demonstrate close relationships between the essence of artists' insights and the measures.</p>
<p><b>Assessing Usability through Perceptions of Information Scent</b> – Guy Saward, Tracy Hall and Trevor Barker – 2004 – International Symposium on Software Metrics</p>	<p>Information scent is an established concept for assessing how users interact with information retrieval systems. This paper proposes two ways of measuring user perceptions of information scent in order to assess the product quality of Web or Internet information retrieval systems. An empirical study is presented which validates these measures through an evaluation based on a live e-commerce application. This study shows a strong correlation between the measures of perceived scent and system usability. Finally the wider applicability of these methods is discussed.</p>
<p><b>An Intelligent System Based Usability Evaluation Metric</b> – E. J. Chang, T. S. Dillon and D. Cook – 1997 – Intelligent Information Systems</p>	<p>Usability of software should measure both user preference and user performance. It involves several dimensions which are characterized by fuzzy aspects and linguistic terms. This paper develops a model for each of the dimensions using fuzzy set theory. It then uses the Takagi Sugeno fuzzy inference approach in developing an overall measure of usability. Results are presented for several different user interfaces.</p>
<p><b>Beyond Usability: Evaluation Aspects of Visual Analytic Environments</b> – Jean Scholtz – 2006 – IEEE Symposium on Visual</p>	<p>A new field of research, visual analytics, has recently been introduced. This has been defined as “the science of analytical reasoning facilitated by interactive visual interfaces” [20]. Visual analytic environments, therefore, support analytical reasoning using visual representations</p>

<p>Analytics Science And Technology</p>	<p>and interactions, with data representations and transformation capabilities, to support production, presentation, and dissemination. As researchers begin to develop visual analytic environments, it will be advantageous to develop metrics and methodologies to help researchers measure the progress of their work and understand the impact their work will have on the users who will work in such environments. This paper presents five areas or aspects of visual analytic environments that should be considered as metrics and methodologies for evaluation are developed. Evaluation aspects need to include usability, but it is necessary to go beyond basic usability. The areas of situation awareness, collaboration, interaction, creativity, and utility are proposed as the five evaluation areas for initial consideration. The steps that need to be undertaken to develop systematic evaluation methodologies and metrics for visual analytic environments are outlined.</p>
<p><b>Benchmarking Usability of Early Designs Using Predictive Metrics</b> – M. K. Donyaee, A. Seffah and J. Rilling – 2007 - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics</p>	<p>This paper introduces a set of novel metrics-based prediction models that allow stakeholders and user interface designers to assess, compare and choose among alternative designs in early development stages. Most of the existing usability evaluation methods require a fully functional prototype. Tests are also mostly conducted after the development and deployment of the software. Tests also require a specific costly lab which may result in significant maintenance costs. The proposed models in this paper reply on the correlations that we discovered between predictive usability metrics and the results of usability tests performed by users. Our empirical investigations show that predictive metrics and user-oriented tests conducted by users provide similar scores regarding the overall usability as well as other</p>

	<p>parameters such as learnability and efficiency of alternative designs before their development and deployment.</p>
<p><b>How to Measure and to Quantify Usability Attributes of Man-Machine Interfaces –</b> M. Rauterberg – 1996 - IEEE International Workshop on Robot and Human Communication</p>	<p>Several views on man-machine interaction are possible to measure usability attributes: (1) the interaction-oriented view, (2) the user-oriented view, (3) the product-oriented view and (4) the formal view. Two different possibilities of measurement within the product-oriented view are introduced in this paper. Different types of user interfaces can be described and differentiated by the concept of "interaction points". Regarding to the interactive semantic of 'unctional interaction points" (FIPs), four different types of FIPs must be discriminated: perceptible versus hidden, and dialog versus application oriented. Based on the concept of FIPs, the dimensions "[visual] feedback" and "interactive directness" can be quantified. Both metrics are helpful to classify the most common user interfaces: command, menu, and direct manipulation. The classification can be validated with the outcomes of several empirical comparison studies.</p>
<p><b>Accessing Quality In Use In a Consistent Way –</b> Guillermo Covella and Luis Olsina – 2006 - International Conference on Web Engineering</p>	<p>In the present paper we discuss a systematic approach in order to specify, measure, and evaluate quality in use, i.e., the perceived quality of software or web applications by actual users in real contexts of use. The methodological proposal is grounded on our measurement and evaluation framework which in turn is based on the metrics and indicators ontology. In order to illustrate the proposal a case study for assessing the quality in use of an e-Learning application was conducted. The final results are analyzed in the light of</p>

	<p>both the consistency of the methodological support and the challenges of assessing quality in use with actual users.</p>
<p><b>SAMBA: semi-Automated Method for Measuring Barriers of Accessibility</b> – Giorgio Brajnik and Raffaella Lomuscio – 2007 – Assets</p>	<p>Although they play an important role in any assessment procedure, web accessibility metrics are not yet well developed and studied. In addition, most metrics are geared towards conformance, and therefore are not well suited to answer questions whether the web site has critical barriers with respect to some user group. The paper addresses some open issues: how can accessibility be measured other than by conformance to certain guidelines? How can a metric merge results produced by accessibility evaluation tools and by expert reviewers? Does it consider error rates of the tool? How can a metric consider also severity of accessibility barriers? Can a metric tell us if a web site is more accessible for certain user groups rather than others? The paper presents a new methodology and associated metric for measuring accessibility that efficiently combine expert reviews with automatic evaluation of web pages. Examples and data drawn from tests performed on 1500 web pages are also presented.</p>
<p><b>An Effort and Time Based Measure of Usability</b> – Dan Tamir, Oleg V. Komogortsev and Carl J. Mueller – 2008 - International workshop on Software quality</p>	<p>The hypothesis of this research is that usability relates to the physical effort that is required in order to use software in the accomplishment of interactive tasks. Implications of this hypothesis are significant since effort is an objective quantity that can be measured efficiently in a relatively non-expensive and noninvasive fashion. Based on this hypothesis, this work proposes metrics for measuring operability, learnability, and understandability.</p>

<p><b>Empirically Validated Web Page Design Metrics</b> – Melody Y. Ivory, Rashmi R. Sinha, Marti A. Hearst – 2001 – CHI'01</p>	<p>A quantitative analysis of a large collection of expert-rated Web sites reveal that page-level metrics can accurately predict if a site will be highly rated. The analysis also provides empirical evidence that important metrics, including page composition, page formatting, and overall page characteristics, differ among web site categories such as education, community, living, and finance. These results provide an empirical foundation for web site design guidelines and also suggest which metrics can be most important for evaluation via user studies.</p>
<p><b>A Metric for Hypertext Usability</b> – Elmamoun M. Babiker, Hiroko Fujihara, Craig D. B. Boyle – 1991 – Sigdoc.</p>	<p>Many hypertext systems are currently available. Like any other software system, the usability evaluation of the system plays an important role in the design and use of the system. Many studies [17] have focused on evaluating only individual attributes of usability. Therefore, a metric for measuring overall usability of hypertext system is needed. Such a metric unifies all individual evaluations into a single measure. It also helps designers identify problems that hinder users from effective use of their product. In addition, a metric provides a basis for comparison among hypertext systems. In this paper, a metric for evaluating usability of hypertext systems is presented. Our focus is on hypertext documentation systems. The metric is based on three important attributes which are important in any hypertext system: access and navigation, orientation, and user interaction. Each parameter is computed based on user performance time, key stroke time and error rate. The usability metric is applied to three different hypertext systems. Our testing has shown that the computed metric values approximate closely the user</p>

	usability rating.
<p><b>Quantitative Metrics for Measuring Web Accessibility</b> – Markel Vigo, Myriam Arrue, Giorgio Brajnik, Raffaella Lomuscio, Julio Abascal – 2007 - International cross-disciplinary conference on Web accessibility</p>	<p>This paper raises the need for quantitative accessibility measurement and proposes three different application scenarios where quantitative accessibility metrics are useful: Quality Assurance within Web Engineering, Information Retrieval and accessibility monitoring. We propose a quantitative metric which is automatically calculated from reports of automatic evaluation tools. In order to prove the reliability of the metric, 15 websites (1363 web pages) are measured based on results yielded by 2 evaluation tools: EvalAccess and LIFT. Statistical analysis of results shows that the metric is dependent on the evaluation tool. However, Spearman's test produces high correlation between results of different tools. Therefore, we conclude that the metric is reliable for ranking purposes in Information Retrieval and accessibility monitoring scenarios and can also be partially applied in a Web Engineering scenario.</p>
<p><b>AIDE: A Step toward metric-based interface development tools</b> – Andrew Sears – 1995 - ACM symposium on User interface and software technology</p>	<p>Automating any part of the user interface design and evaluation process can help reduce development costs. This paper presents a metric-based tool called AIDE (semi-Automated Interface Designer and Evaluator) which assists designers in creating and evaluating <i>layouts</i> for a given set of interface controls. AIDE is an initial attempt to demonstrate the potential of incorporating metrics into user interface development tools, Analyzing the interfaces produced using AIDE provides encouraging feedback about the potential of this technique.</p>

<p><b>Measuring the Usability Index of Your Web Site</b> – Benjamin Keevil – 1998 – Sigdoc</p>	<p>This paper discusses the development of a checklist that you can use to measure the usability index of your Web site. The paper: (1) summarizes existing ways to measure the usability of a Web site; (2) describes the development of a question-and-answer checklist that calculates a usability index; (3) applies the checklist to an example Web site. The checklist is available on the Web site (<a href="http://www3.sympatico.ca/bkkeeviYsigdoc98">http://www3.sympatico.ca/bkkeeviYsigdoc98</a>) of Keevil &amp; Associates. You can view the checklist in HTML table format or you can download it in Microsoft Excel format.</p>
<p><b>Master Usability Scaling: Magnitude Estimation and Master Scaling Applied to Usability Measurement</b> – Mick McGee – 2004 – CHI'04</p>	<p>Master Usability Scaling (MUS) is a measurement method for developing a universal usability continuum based on magnitude estimation and master scaling. The universal usability continuum allows true ratio comparisons, potentially between all items measurable by the construct of usability (attributes, tasks, or products -- software or hardware) that have contributed to the meta-set by following the procedures prescribed. This paper describes the background for MUS, data reduction, and cases studies in software usability assessment. MUS is based on a new measurement method of usability, Usability Magnitude Estimation (UME) [9], where users estimate usability magnitude according to an objective definition of usability. UME allows all items measured within a single usability activity to be compared across one continuum. MUS utilize UME to assess standard reference tasks across different usability activities to construct one meta-set of data. This meta-set of data can be represented as a universal usability continuum. MUS is simple to</p>

	<p>administer, easy to comprehend, and with advanced underlying calculations, powerful to use. The MUS continuum has the potential to be a widespread, robust, universal measurement scale of usability.</p>
<p><b>Proportional Search Interface Usability Measures</b>          – Mika Kaki – 2004 – NordiCHI'04</p>	<p>Speed, accuracy, and subjective satisfaction are the most common measures for evaluating the usability of search user interfaces. However, these measures do not facilitate comparisons optimally and they leave some important aspects of search user interfaces uncovered. We propose new, proportional measures to supplement the current ones. Search speed is a normalized measure for the speed of a search user interface expressed in answers per minute. Qualified search speed reveals the trade-off between speed and accuracy while immediate search accuracy addresses the need to measure success in typical web search behavior where only the first few results are interesting. The proposed measures are evaluated by applying them to raw data from two studies and comparing them to earlier measures. The evaluations indicate that they have desirable features.</p>
<p><b>Statistical Profile of Highly-Rated Web Sites</b> – Melody Y. Ivory and Marti A. Hearst – 2002 – CHI'02</p>	<p>We are creating an interactive tool to help non-professional web site builders create high quality designs. We have previously reported that quantitative measures of web page structure can predict whether a site will be highly or poorly rated by experts, with accuracies ranging from 67–80%. In this paper we extend that work in several ways. First, we compute a much larger set of measures (157 versus 11), over a much larger collection of pages (5300 vs. 1900),</p>

	<p>achieving much higher overall accuracy (94% on average) when contrasting good, average, and poor pages. Second, we introduce new classes of measures that can make assessments at the site level and according to page type (home page, content page, etc.). Finally, we create statistical profiles of good sites, and apply them to an existing design, showing how that design can be changed to better match high-quality designs.</p>
<p><b>A Method to Standardize Usability Metrics Into a Single Score</b> – Jeff Sauro, Erika Kindlund – 2005 – CHI’05</p>	<p>Current methods to represent system or task usability in a single metric do not include all the ANSI and ISO defined usability aspects: effectiveness, efficiency &amp; satisfaction. We propose a method to simplify all the ANSI and ISO aspects of usability into a single, standardized and summated usability metric (SUM). In four data sets, totaling 1860 task observations, we show that these aspects of usability are correlated and equally weighted and present a quantitative model for usability. Using standardization techniques from Six Sigma, we propose a scalable process for standardizing disparate usability metrics and show how Principal Components Analysis can be used to establish appropriate weighting for a summated model. SUM provides one continuous variable for summative usability evaluations that can be used in regression analysis, hypothesis testing and usability reporting.</p>
<p><b>Feature Congestion: A Measure of Display Clutter</b> – Ruth Rosenholtz, Yuanzhen Li, Jonathan Mansfield and Zhenlan Jin – 2005 – CHI’05</p>	<p>Management of clutter is an important factor in the design of user interfaces and information visualizations, allowing improved usability and aesthetics. However, clutter is not a well-defined concept. In this paper, we present the Feature Congestion measure of display</p>

	<p>clutter. This measure is based upon extensive modeling of the saliency of elements of a display, and upon a new operational definition of clutter. The current implementation is based upon two features: color and luminance contrast. We have tested this measure on maps that observers ranked by perceived clutter. Results show good agreement between the observers' rankings and our measure of clutter. Furthermore, our measure can be used to make design suggestions in an automated UI critiquing tool.</p>
<p><b>Profile Before Optimize: A Cognitive Metrics Approach To Workload Analysis –</b> Wayne D. Gray, Michael J. Schoelles and Christopher W. Myers – 2005 - CHI'05</p>	<p>The Intelligence Analyst (IA) community will soon be the designated users of many new software tools. In the multitasking world of the IA, any one tool cannot be permitted to greedily consume cognitive resources. This situation requires a new approach to usability assessment; one that profiles the moment-by-moment demands placed on embodied cognition by a given software tool during task performance. The approach we have taken relies on families of cognitive models that interleave cognition, perception, and action at the 1/3 to 3 sec timescale. This is the level of analysis where embodied cognition forms interactive routines that adapt to the cost-benefit structure of the software tool. Our proof-of-concept is a model that performs a task that the IAs find challenging. From the trace of the model, we derive a cognitive metrics profile that pinpoints dynamic changes in workload demands on human cognitive, perceptual, or action systems.</p>

<p><b>Metrics for Measuring Human Interaction With Interactive Visualizations for Information Analysis –</b> Theresa A. O'Connell, Yee-Yin Choong – 2008 – CHI'08</p>	<p>There is a lack of widely-accepted metrics for evaluating analysts' experiences with interactive visualizations (IV) for information analysis. We report an approach for developing analyst-centered IV metrics that is built upon understanding the workplace needs and experiences of information analysts with respect to IVs. We derive metrics from human-computer interaction heuristics, specializing the metrics to address the characteristics of IVs and analysts. When there are no existing heuristics, analysts' needs and experiences inform new heuristics.</p>
<p><b>An Approach Based on Metrics for Monitoring Web Accessibility In Brazilian Municipalities Web Sites –</b> André P. Freire, Thiago J. Bittar and Renata P. M. Fortes – 2008 – SAC'08</p>	<p>Monitoring and measuring the accessibility of government Web sites is an important challenge for regulators and policy makers. Moreover, over the next few years, e-government (e-gov) services are expected to expand and it is necessary to ensure access for everyone. In this paper, we present a metric based approach for evaluating municipalities Web pages using automatic accessibility evaluation tools. The sampling of the pages was done by the tool E-GOVMeter, and the accessibility evaluation and generation of the metrics was done by means of an adaptation of the tool Hera. The results show that much work should be done to improve the accessibility of Brazilian municipalities Websites. Although it has limitations, the use of automatically generated accessibility metrics is a powerful tool for helping measuring and monitoring the accessibility of e-gov Websites.</p>
<p><b>Usability Measurement and Metrics: A Consolidated Model –</b> Ahmed Seffah, Mohammed Donyaee, Rex B.</p>	<p>Usability is increasingly recognized as an important quality factor for interactive software systems, including traditional GUI s-style applications, Websites, and the large variety of mobile and PDA interactive services.</p>

<p>Kline and Harkirat K. Padda – 2007 - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics</p>	<p>Unusable user interfaces are probably the single largest reasons why encompassing interactive systems – computers plus people, fail in actual use. The design of this diversity of applications so that they actually achieve their intended purposes in term of ease of use is not an easy task. Although there are many individual methods for evaluating usability; they are not well integrated into a single conceptual framework that facilitate their usage by developers who are not trained in the field of HCI. This is true in part because there are now several different standards (e.g.,ISO 9241, ISO/IEC9126, IEEEStd.610.12) or conceptual models(e.g.,Metrics for Usability Standards in Computing [MUSiC]) for usability, and not all of these standards or models describe the same operational definitions and measures. This paper first reviews existing usability standards and models while highlighted the limitations and complementarities of the various standards. It then explains how these various models can be unified into a single consolidated, hierarchical model of usability measurement. This consolidated model is called Quality in Use Integrated Measurement (QUIM). Included in the QUIM model are 10 factors each of which corresponds to a specific facet of usability that is identified in an existing standard or model. These 10 factors are decomposed into a total of 26 sub-factors or measurable criteria that are further decomposed into 127 specific metrics. The paper explains also how a consolidated model, such as QUIM, can help in developing a usability measurement theory.</p>
---	---

## APÊNDICE B – CENÁRIO E TAREFAS

1. **Cenário:** Você é um pesquisador da área de Interação Humano-Computador, que trabalha com avaliações de usabilidade. O projeto do qual você participa adquiriu recentemente uma nova ferramenta para auxílio nos testes com usuários. Você, como é bastante curioso, resolve utilizá-la para testar algumas de suas funcionalidades.
2. **Tarefa 1:** Para poder iniciar os trabalhos, você precisa criar um projeto para trabalho. Crie um projeto que contenha os seguintes dados: (i) nome: projeto de avaliação; (ii) descrição: projeto de avaliação das interfaces do usuário; (iii) responsável: roberto silva; (iv) data de inicio e fim: 01/01/2009 a 31/12/2009.
3. **Tarefa 2:** Agora que você já possui um projeto criado, você precisa criar um participante para executar os testes que a ferramenta auxiliará. Para isso, crie um usuário que contenha os seguintes dados: (i) username: jsilva; (ii) Nome: José Silva; (iii) Telefone: 35551212; (iv) E-mail: [jsilva@puccs.br](mailto:jsilva@puccs.br); (v) Escolaridade: Primeiro Grau; (vi) Profissão: Marceneiro; (vii) Data de Nascimento: 01/04/1966.
4. **Tarefa 3:** A próxima funcionalidade que você deseja testar é a dos Questionários. Você resolve então criar um questionário pré-teste de nome “Questionário pré-teste” que contém um pergunta do tipo texto: “Você tem alguma sugestão?”
5. **Tarefa 4:** Com o projeto, o usuário e o questionário cadastrados, você resolve agora criar uma nova versão do teste no programa. Para isto, crie uma nova versão com data de 01/01/2009 e build v1.0
6. **Tarefa 5:** Com tudo cadastrado, você precisa agora selecionar aquele usuário criado anteriormente. Para isto, carregue o usuário jsilva para os testes possam começar.

## APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE

1. Qual a sua idade?
2. Qual seu sexo?
  - a. Masculino
  - b. Feminino
3. Qual o seu grau de escolaridade?
  - a. Ensino Fundamental Incompleto
  - b. Ensino Fundamental Completo
  - c. Ensino Médio Incompleto
  - d. Ensino Médio Completo
  - e. Ensino Superior Incompleto
  - f. Ensino Superior Completo
  - g. Pós-graduação Incompleta
  - h. Pós-graduação Completa
  - i. Mestrado Incompleto
  - j. Mestrado Completo
  - k. Doutorado Incompleto
  - l. Doutorado Completo
4. Há quanto tempo você utiliza o computador?
  - a. Até 1 ano
  - b. De 2 a 3 anos
  - c. De 3 a 4 anos
  - d. De 4 a 5 anos
  - e. Mais de 5 anos
5. Você é um profissional ligado à área de informática?
  - a. Sim
  - b. Não
6. Você já teve algum contato, seja profissional ou acadêmico, com a área de Interação Humano-Computador?
  - a. Sim
  - b. Não

## APÊNDICE D – TEMPLATE DOS RELATÓRIOS DA AVALIAÇÃO HEURÍSTICA

### AVALIAÇÃO HEURÍSTICA

Nome do Avaliador:		
Data:	Horário de Início:	Horário de Término:
Produto Avaliado:		
Cliente:		

### INTRODUÇÃO AO MÉTODO

Cada um deverá examinar a interface individualmente pelo menos duas vezes, na primeira vez deve concentrar-se no fluxo e na segunda nos componentes individuais do diálogo. A interface deve ser inspecionada com base na lista de heurísticas de usabilidade, e todos os problemas devem ser justificados e detalhados o máximo possível, utilizando para tanto, o modelo de formulário em anexo.

### Heurísticas

1. **Visibilidade do estado do sistema:** o sistema deve sempre manter os usuários informados sobre o que está acontecendo através de *feedback* adequado e no tempo certo.
2. **Correspondência entre o sistema e o mundo real:** o sistema deve falar a língua do usuário, com palavras, expressões e conceitos que lhe são familiares, em vez de utilizar termos orientados ao sistema. O projetista deve seguir as convenções do mundo real, fazendo com que a informação apareça em uma ordem natural e lógica.
3. **Controle e liberdade do usuário:** os usuários freqüentemente escolhem funções do sistema por engano e precisam de uma “saída de emergência” claramente marcada para sair do estado indesejado sem ter que percorrer um diálogo extenso. A interface deve permitir que o usuário desfaça ou refaça suas ações.
4. **Consistência e padronização:** os usuários não devem ter que se perguntar se palavras, situações ou ações diferentes significam a mesma coisa. O projetista deve seguir as convenções da plataforma ou ambiente.
5. **Prevenção de erros:** melhor do que uma boa mensagem de erro é um projeto cuidadoso que evite que um problema ocorra.
6. **Reconhecimento em vez de lembrança:** o projetista deve tornar os objetos, ações e opções visíveis. O usuário não deve ter que se lembrar de informação de uma parte do diálogo para outra. As instruções de uso do sistema devem estar visíveis ou facilmente acessíveis sempre que necessário.
7. **Flexibilidade e eficiência de uso:** aceleradores — imperceptíveis aos usuários novatos — podem tornar a interação do usuário mais rápida e eficiente, permitindo que o sistema consiga servir igualmente bem os usuários experientes e inexperientes. O projetista pode prover mecanismos a serem utilizados pelos usuários para customizar ações freqüentes.
8. **Projeto estético e minimalista:** os diálogos não devem conter informação que seja irrelevante ou raramente necessária. Cada unidade extra de informação em

um diálogo compete com as unidades relevantes de informação e reduz sua visibilidade relativa.

9. **Auxilia os usuários a reconhecerem, diagnosticarem e se recuperarem de erros:** as mensagens de erro devem ser expressas em linguagem simples (sem códigos), indicar precisamente o problema e sugerir uma solução de forma construtiva.
10. **Ajuda e documentação:** o sistema deve prover ajuda e documentação. Este tipo de informação deve ser fácil de ser encontrado, focado na tarefa do usuário, enumerar passos concretos a serem realizados, e não ser muito grande.

### Graus de Severidade

0	<b>Não concordo</b> que isto seja um problema
1	<b>Cosmético</b> – não precisa ser consertado a menos que haja tempo extra
2	<b>Pequeno</b> – o conserto deve receber baixa prioridade
3	<b>Grande</b> – importante de ser consertado, deve receber alta prioridade
4	<b>Catastrófico</b> – é imperativo consertar antes de se lançar o produto

### Funcionalidade: -

<<Descrição da funcionalidade>>

### Descrição do Problema:

<<Descrição do problema>>

### Heurísticas que Contraria:

Heurística	Severidade
1 - Visibilidade do estado do sistema	
2 - Correspondência entre o sistema e o mundo real	
3 - Controle e liberdade do usuário	
4 - Consistência e padronização	
5 - Prevenção de erros	
6 - Reconhecimento em vez de lembrança	
7 - Flexibilidade e eficiência de uso	
8 - Projeto estético e minimalista	
9 - Auxilia os usuários a reconhecerem, diagnosticarem e se recuperarem de erros	
10 - Ajuda e documentação	

## ANEXO A – ESCALA DE USABILIDADE DO SISTEMA

1. Eu acho que gostaria de utilizar o sistema com frequência.

Discordo plenamente 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Concordo plenamente

2. Achei o sistema desnecessariamente complexo

Discordo plenamente 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Concordo plenamente

3. Eu acho que o sistema foi fácil de usar

Discordo plenamente 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Concordo plenamente

4. Eu acho que necessitaria do suporte de um técnico para conseguir utilizar o sistema

Discordo plenamente 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Concordo plenamente

5. Achei que várias funções neste sistema foram bem integradas

Discordo plenamente 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Concordo plenamente

6. Eu acho que havia muita inconsistência no sistema

Discordo plenamente 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Concordo plenamente

7. Imagino que a maioria das pessoas iria aprender a utilizar este sistema rapidamente

Discordo plenamente 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Concordo plenamente

8. Achei o sistema bastante pesado de utilizar

Discordo plenamente 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Concordo plenamente

9. Senti-me bastante confiante utilizando o sistema

Discordo plenamente 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Concordo plenamente

10. Precisei aprender bastante coisa antes que eu pudesse utilizar o sistema

Discordo plenamente 

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

 Concordo plenamente

## ANEXO B - ACORDO ÉTICO

### Condições de Testes

A equipe do Laboratório de Usabilidade e Acessibilidade agradece a todos os participantes de testes realizados em seu laboratório ou em outro local sob sua responsabilidade a inestimável contribuição que prestam para o avanço da pesquisa sobre **Interação Humano-Computador**. O objetivo dos testes não é avaliar o participante, mas sim avaliar os sistemas ou métodos que o participante está usando durante os testes. O uso que se faz dos registros efetuados durante o teste é estritamente limitado a atividades de pesquisa e desenvolvimento, garantindo-se para tanto que:

1. O anonimato dos participantes será preservado em todo e qualquer documento relacionado aos resultados dos testes.
2. Todo participante terá acesso a cópias destes documentos durante o prazo de um ano após a publicação dos mesmos, no Laboratório de Usabilidade. A concessão de cópias dos mesmos ficará a critério da coordenação do Laboratório.
3. Todo participante que se sentir constrangido ou incomodado durante uma situação de teste pode interromper o teste e estará fazendo um favor à equipe se registrar por escrito as razões ou sensações que o levaram a esta atitude. A equipe fica obrigada a descartar o teste para fins da avaliação a que se destinaria.
4. Todo participante tem direito de expressar por escrito, na data do teste, qualquer restrição ou condição adicional que lhe pareça aplicar-se às enumeradas em (1), (2) e (3), acima. A equipe do Laboratório se compromete a observá-la com rigor e entende que, na ausência de tal manifestação, o participante concorda que rejam o comportamento ético da equipe somente as condições impressas no presente documento.
5. A equipe do Laboratório de Usabilidade e Acessibilidade tem direito de utilizar os dados dos testes, mantidas as condições acima mencionadas, para fins acadêmicos e de desenvolvimento.

<p>[a ser preenchido pelo avaliador]</p> <p>Sistema _____</p> <p>Data _____</p> <p>Condições especiais (caso não haja condições especiais, escreva "nenhuma"):</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
--

Por favor indique sua posição em relação aos termos acima:

- Estou de pleno acordo com os termos acima.
- Em anexo registro condições adicionais para este teste.

\_\_\_\_\_

Assinatura do participante

\_\_\_\_\_

Assinatura do avaliador

Nome do participante: \_\_\_\_\_