

Análise de Usabilidade de um Sistema de EaD Baseada em Modelos *Markovianos* e em Taxonomia

Janaina R Penedo¹, Morganna Diniz¹, Simone Bacellar Leal Ferreira¹, Denis S. Silveira², Eliane Capra¹

¹Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)
Av. Pasteur, 296 – Urca - CEP 22290-240 – Rio de Janeiro – RJ – Brazil

²Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
Av. dos Funcionários, s/n – Recife – PE - Brazil

{janaina.penedo, morganna, simone, eliane.capra}@uniriotec.br,
dsilveira@ufpe.br

Abstract. *This paper proposes a usability methodology for web systems based on Markovian models and taxonomy. A case study of an E-learning application in use for over 5 years and with more than 60 thousand students is presented to validate the proposal.*

Resumo. *Este trabalho propõe que a análise de usabilidade de sistemas web seja feita usando a inspeção baseada em modelos Markovianos em conjunto com a inspeção baseada em taxonomia. Para verificar a viabilidade da proposta é apresentado um estudo de caso de um sistema de ensino à distância (EaD) em uso há mais de 5 anos e com mais de 60 mil alunos.*

1. Introdução

A eficácia da Educação à Distância (EaD) está na interatividade, na facilidade de uso e na disponibilidade que o sistema à distância proporciona a seus usuários [Hermida 2006]. O sistema web disponibilizado para EaD deve favorecer a aprendizagem do aluno, provendo as informações de maneira organizada e sem erros operacionais. Os desenvolvedores não podem se esquecer do que o usuário deseja do sistema e nos efeitos que sua utilização pode produzir [Gomes 2003]. Logo, preocupar-se com a usabilidade desses sistemas é fundamental.

A análise da usabilidade pode auxiliar os desenvolvedores a melhor utilizar as tecnologias disponíveis para atender as necessidades dos usuários. Esta preocupação deve estar presente desde a fase inicial de projeto e durante todo o ciclo de vida do sistema [Andrade 2007]. Os métodos de avaliação de usabilidade consistem de processos sistemáticos de coleta de dados com a finalidade de analisar como os usuários usam um produto para executar suas tarefas em um ambiente computacional [Prates e Barbosa 2003]. Esses processos podem ser empíricos (os avaliadores envolvem usuários para a coleta de dados) ou analíticos (os analisadores examinam aspectos de uma interface sem a participação direta de usuários).

Entre os processos de avaliação analítica encontram-se a inspeção baseada nos modelos *Markovianos* e a inspeção baseada em taxonomia. Os modelos *Markovianos* permitem o cálculo de uma série de medidas de interesse gerando informações *quantitativas* sobre a usabilidade de sistemas [Thimblebly *et al* 2001]. Os métodos de inspeção baseados em taxonomia permitem identificar requisitos de usabilidade em sistemas *web* gerando informações *qualitativas* (pontos positivos e pontos negativos da interface) sobre a usabilidade de sistemas [Ferreira e Nunes, 2008].

O objetivo deste trabalho é apresentar o estudo de usabilidade de um sistema de EaD utilizando a inspeção baseada em modelos *Markovianos* em conjunto com a inspeção baseada em taxonomia. Este artigo tem a seguinte organização. Na seção 2 é feita a revisão bibliográfica do tema em estudo. Na seção 3 é discutido o método de pesquisa utilizado neste trabalho. A seção 4 apresenta o estudo de caso e, por último, as conclusões são apresentadas na seção 5.

2. Revisão Bibliográfica

Para fornecer um sistema de qualidade, o desenvolvedor deve procurar entender e adaptar a interface ao comportamento e motivação de seus usuários, que agem aceitando ou rejeitando o sistema conforme a expectativa no atendimento de suas necessidades [Walker 1991]. Nos casos dos sistemas EaD, o aluno deve passar o tempo em que está conectado ao sistema com o foco na aprendizagem dos conceitos relacionados ao tema de interesse, isto é, ele deve ser convidado à aprendizagem, sem se sentir oprimido pela interface [Ardito *et al* 2004].

Os métodos de avaliação diferem entre si em vários aspectos, por isso é importante entender as diferentes características de cada um para se definir qual é o mais apropriado para o objetivo desejado [Prates e Figueiredo 2003]. De acordo com o método a ser utilizado, a avaliação da usabilidade de interfaces pode ser classificada em dois grupos [Dias 2007]: métodos de observação (baseados em processos empíricos) e métodos de inspeção (baseados em processos analíticos).

Os métodos de observação consistem em desenvolver ensaios com usuários "reais", visando à aquisição de informações diretamente de seu contexto de uso [Queiroz 2001]. Os métodos de inspeção se destacam por identificar e analisar a usabilidade com a finalidade de apresentar recomendações que auxiliem a eliminação de problemas e a melhoria da qualidade da interface [Rocha e Baranauskas 2003].

Kitajma *et al* (2005) utilizaram os modelos *Markovianos* para avaliar quantitativamente a usabilidade da Enciclopédia *on-line* Encarta. Engelbrech *et al* (2009) utilizaram cadeias de *Markov* para avaliar a satisfação dos usuários de um sistema de áudio-conferência denominado "*Spoken Dialog System's*". Penedo *et al* (2011) aplicaram inspeção de usabilidade baseada em modelos *Markovianos* com os critérios de Gassenferth *et al* (2008) em um sistema de EaD em fase de pré-projeto.

3. Método de Pesquisa

A presente pesquisa avaliou a usabilidade de sistemas de EaD a partir do estudo das interações dos usuários utilizando modelos *Markovianos* e taxonomia. O estudo de caso

pode ser usado quando se deseja conhecer “como” e “por que” um determinado fenômeno ocorre [Stake 1995].

Para o desenvolvimento deste estudo foram utilizadas as informações do *log* de acessos dos usuários de um sistema de EaD em uso há mais de cinco anos. O trabalho foi desenvolvido nas quatro etapas descritas abaixo.

- a) Coleta, análise e avaliação dos dados - nessa fase foram coletados e analisados os dados referentes aos acessos dos usuários no sistema EaD;
- b) Identificação das funções do sistema - nessa fase foram levantadas e identificadas as funções que o sistema disponibiliza a seus usuários, onde uma função corresponde a um conjunto de facilidades (serviços) oferecido no ambiente de EaD;
- c) Transformação das funções do sistema em estados de uma cadeia de *Markov* - as funções foram mapeadas em estados de modelos *Markovianos* e medidas de interesse foram geradas;
- d) Integração e análise de resultados – Nesta etapa foi feita a integração das informações encontradas na inspeção baseada nos modelos *Markovianos* com a inspeção baseada em taxonomia.

4. Estudo de Caso

4.1. Coleta e Análise dos Dados

A Fundação CECIERJ/Consórcio CEDERJ foi oficialmente criada em janeiro de 2000 com a união da autarquia Centro de Ciências do Estado do Rio de Janeiro (CECIERJ) e do Consórcio Centro de Educação a Distância do Estado do Rio de Janeiro (CEDERJ). O Consórcio CEDERJ reúne além da Fundação CECIERJ, seis universidades públicas sediadas no Estado do Rio de Janeiro e os seus cursos alcançam mais de 60 mil pessoas/ano residentes nos 92 municípios do Estado. No total são 32 polos onde os alunos se matriculam e podem executar uma série de atividades presenciais tais como provas, defesas de trabalhos de conclusão de curso, aulas práticas em laboratórios e estágio obrigatório. Cada disciplina oferecida é supervisionada por um ou mais professores das universidades participantes do consórcio. Além disso, os alunos contam com a figura do tutor que é responsável por tirar as dúvidas sobre o conteúdo das matérias. As tutorias podem ser presenciais (o tutor atende o aluno no polo em horários pré-determinados) ou à distância (o tutor atende o aluno por meio do telefone 0800 ou do sistema de EaD).

A plataforma CEDERJ¹ é o ambiente virtual de aprendizagem utilizada pelos cursos de graduação ofertados pelo consórcio CEDERJ e foi implementada de acordo com o documento de Referenciais da Qualidade do MEC. A plataforma CEDERJ já apresentou diversas versões e, até 2011, a plataforma utilizava *software* proprietário desenvolvido pela equipe do CEDERJ. A partir de 2012, o CEDERJ passou a utilizar o sistema *Moodle*² como ambiente de EaD, ficando a equipe de desenvolvimento

¹ <http://portal.cederj.edu.br>

² <http://www.moodle.org.br/>

responsável pela customização dessa ferramenta. Esse estudo utiliza dados de 2010 e 2011. Portanto, a discussão aborda as informações referentes à versão em uso na época.

Os dados utilizados neste trabalho correspondem ao *log* com os acessos dos usuários no primeiro semestre de 2010 e no primeiro semestre de 2011 de 10 cursos de graduação: Matemática, Ciências Biológicas, Pedagogia, Física, Computação, Administração, Química, Licenciatura em Pedagogia, História e Turismo. A Tabela 1 lista as principais informações coletadas, onde usuário ativo no sistema corresponde a quem se conectou na plataforma no período analisado e sessão corresponde ao intervalo entre o *login* (entrada no sistema) e o *logout* (saída do sistema) de um determinado usuário. Além disso, entende-se por requisição qualquer clique de *mouse* que solicite um serviço no sistema.

Tabela 1 – Dados referentes aos cursos nos períodos analisados (2010/2011).

	Janeiro		Fevereiro		Março	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
Usuários ativos	12.123	16.084	15.443	17.398	14.400	15.878
Sessões	90.728	312.488	279.131	795.372	310.010	580.618
Requisições	428.877	1.693.504	3.885.745	11.170.212	3.705.762	7.031.202
Tempo Médio das Sessões	00:50:04	00:59:18	00:58:20	00:62:04	00:58:59	00:67:01
	Abril		Maio		Junho	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
Usuários ativos	13.190	14.794	12.666	14.228	12.394	14.164
Sessões	239.419	568.954	295.444	508.814	330.201	620.248
Requisições	2.711.179	6.779.254	2.680.623	6.157.294	2.093.895	5.840.514
Tempo Médio das Sessões	00:56:05	00:59:07	00:57:08	00:59:54	00:49:02	00:55:08

É possível verificar a partir dos dados mostrados na tabela anterior: a taxa média de crescimento na utilização da plataforma (requisições) entre 2010 e 2011 foi acima de 150%; o número de usuários ativos cresceu em média 16%; fevereiro, nos dois anos, foi o mês que gerou o maior número de requisições ao sistema e o que teve o maior número de usuários conectados; apesar do crescimento significativo ocorrido entre 2010 e 2011, o tempo médio das sessões permaneceu em torno de 57 minutos.

4.2. Identificação das Funções do Sistema

O estudo do *log* na etapa anterior mostrou que somente 25 funções do sistema de EaD foram efetivamente utilizadas no período analisado, embora o sistema disponibilizasse 81 funções. São exemplos de funções da plataforma acessadas pelos usuários do CEDERJ no período coberto por este estudo:

- *E-mail* – permite receber e enviar mensagens dentro do ambiente EaD;
- *Fórum* – permite que os usuários discutam os tópicos de aulas;
- *Sala de Disciplina* – permite acesso ao material e informações sobre as disciplinas;
- *Sala de Conferência* – permite o uso de videoconferência entre alunos e tutores;
- *Avisos* – permite que as coordenações de curso e as direções dos polos coloquem avisos para os alunos.

4.3. Transformação das Funções em Estados Markovianos

Considere X uma cadeia de *Markov* de tempo discreto, com espaço de estados finito S e com matriz P de probabilidades de transição. Seja P_{ij} a probabilidade de transição do estado i para o estado j , onde $i, j \in S$. A partir do log dos usuários do CEDERJ, é possível calcular as probabilidades de transição usando a equação abaixo.

$$P_{ij} = \frac{\text{Quantidade de transições do estado } i \text{ para o estado } j}{\text{Quantidade total de transições a partir do estado } j} \quad (1)$$

O vetor π de probabilidades estacionárias para o modelo markoviano pode ser obtido solucionando [Kleinrock 1975]

$$\pi = \pi P \quad (2)$$

onde $\pi = \langle \pi_0, \pi_1, \pi_2, \dots \rangle$ e π_n corresponde à probabilidade estacionária do n -ésimo estado da cadeia de *Markov*. Isto significa que o vetor π representa o tempo de permanência do modelo em cada um dos seus estados após um período longo de observação, ou seja, π_n corresponde à probabilidade do sistema se encontrar no n -ésimo estado do modelo.

A terceira etapa do estudo consistiu em mapear as funções do sistema EaD utilizadas mensalmente pelos curso em estados de uma cadeia de *Markov*. A informação foi organizada em meses em razão da grande massa de dados existente, enquanto a organização por curso ocorreu por se querer comparar o comportamento dos alunos dos diversos cursos. Portanto, foram gerados 120 modelos, já que o estudo abrangeu dois semestres (1º semestre de 2010 e 1º semestre de 2011) e 10 cursos do CEDERJ. Cada função utilizada pelos usuários foi representada nos modelos por um estado e as probabilidades de transição foram calculadas de acordo com a Equação (1) assumindo que uma transição é um pedido qualquer de serviço pelo usuário. Em seguida, foram desenhados os diagramas de transição de alguns modelos com o objetivo de verificar visualmente o comportamento dos usuários.

O diagrama de transição é a representação gráfica de uma cadeia de *Markov*. No diagrama são visualizados os estados (representado por círculos), as transições (representadas por arcos) e as probabilidades das transições [Dimuro *et al* 2002]. Por exemplo, o diagrama (parcial) do curso de Matemática no mês de fevereiro de 2011 é mostrado na Figura 1. Ele representa o comportamento do aluno a partir da sua entrada no sistema (*Login*): 54% dos alunos vão para a *Sala de Disciplina*, 12% vão para a *Sala de Tutoria*, 5% acessam o *Aviso* e 5% acessam o *E-Mail*. É interessante observar que a análise dos diagramas dos outros meses mostrou que este é o comportamento padrão dos alunos da Matemática, pois as probabilidades de transição dos outros meses não apresentam grandes diferenças.

Na análise dos diagramas de transição dos demais cursos, foi possível observar que o aluno do CEDERJ faz uso de quatro ou cinco serviços a cada acesso ao sistema e que estes serviços normalmente são os mesmos em cada acesso. Embora o sistema de EaD do CEDERJ forneça a seus usuários um conjunto abrangente de ferramentas, o aluno utiliza apenas um pequeno número delas. Este tipo de informação pode auxiliar na melhoria do sistema, pois permite que o desenvolvedor planeje a interface de forma

que o usuário possa realizar as suas tarefas com um menor nível de interação com o sistema, melhorando assim a usabilidade.

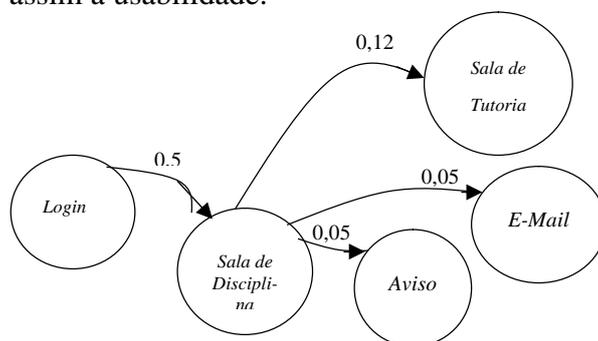


Figura 1. Diagrama de Transição referente ao curso de Matemática.

Na análise dos diagramas de transição dos demais cursos, foi possível observar que o aluno do CEDERJ faz uso de quatro ou cinco serviços a cada acesso ao sistema e que estes serviços normalmente são os mesmos em cada acesso. Embora o sistema de EaD do CEDERJ forneça a seus usuários um conjunto abrangente de ferramentas, o aluno utiliza apenas um pequeno número delas. Este tipo de informação pode auxiliar na melhoria do sistema, pois permite que o desenvolvedor planeje a interface de forma que o usuário possa realizar as suas tarefas com um menor nível de interação com o sistema, melhorando assim a usabilidade.

As probabilidades de transição mostram ainda que, após o primeiro acesso (após a realização do *Login*) o usuário, não importando o curso ao qual esteja matriculado, acessa a função *Sala de Disciplina* com uma frequência superior a 50%. Esse comportamento pode representar uma falha de usabilidade relacionada ao modo como as funções estão sendo disponibilizadas na plataforma.

Também foi observado no estudo dos diagramas de transição que uma parcela considerável de alunos (acima de 10%) sai da plataforma CEDERJ logo após efetuar o *Login*, sem fazer qualquer interação com o sistema (pedir algum serviço). Isso também pode indicar uma falha no sistema (não necessariamente de usabilidade) que merece ser investigado.

A partir das matrizes de probabilidades de transição, foi possível calcular as probabilidades estacionárias usando a Equação (2). A análise mostrou que o usuário do sistema passa, no mínimo, 52% do seu tempo no sistema utilizando a função *Sala de Disciplina*, independentemente do curso ao qual esteja matriculado.

A Figura 2 mostra as probabilidades estacionárias de todos os cursos em fevereiro de 2011. É possível notar que cursos como Administração e Ciências Biológicas utilizam um pouco mais a função *Fórum* (média de 12%) e a função *Atividades* (média de 10%) que os demais cursos. O curso de Pedagogia é o que mais utiliza a função *E-mail* no sistema. Funções como *Aulas na Web* e *Calendários* possuem baixa utilização (2%). Dos 57 minutos que o usuário do CEDERJ passa em média conectado, pelo menos 31 minutos foram utilizados na *Sala de Disciplina*.

Outros resultados da análise do sistema de EaD, feita a partir do modelos *Markovianos*, foram obtidos neste estudo. Eles não são aqui apresentados apenas por questão de espaço.

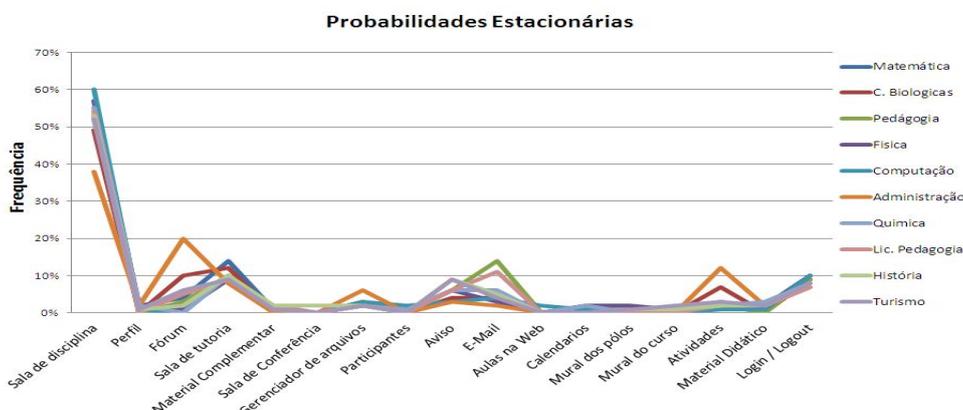


Figura 2. Probabilidades Estacionárias.

4.4. Integração e Análise de Resultados

Os métodos de inspeção baseados em taxonomia auxiliam o avaliador no processo de identificar e lidar com possíveis problemas no desenvolvimento de sistemas de informação, especialmente os disponíveis na *web* (Ferreira e Nunes 2008). A taxonomia auxilia a organização e a orientação na definição de requisitos não funcionais de usabilidade com a finalidade de sistematizar o processo de definição dos critérios de aprimoramento da usabilidade e redução de problemas. Os requisitos funcionais descrevem as funções necessárias para cumprir as tarefas no sistema. Os requisitos não funcionais (RNF) declaram os atributos de qualidade do sistema e dizem respeito a como o sistema é (Cysneiros 2001). Neste trabalho foi utilizada a taxonomia dos RNF de usabilidade criada por Ferreira e Leite (Ferreira e Leite, 2003) e que divide os requisitos de usabilidade em dois grupos (Tabela 2): requisitos relacionados à exibição da informação e requisitos relacionados à entrada de dados.

Tabela 2: Taxonomia dos RNF de usabilidade (Ferreira e Leite, 2003).

Requisitos Relacionados à Exibição da Informação	Requisitos Relacionados à Entrada de Dados
A) Consistência	N) Mecanismos de Ajuda
B) <i>Feedback</i>	O) Prevenção de Erros
C) Níveis de Habilidade e Comportamento Humanos	P) Tratamento de Erros
D) Percepção Humana	
E) Metáforas	
F) Minimização de Carga de Memória	
G) Eficiência no Diálogo, Movimento e Pensamentos	
H) Classificação Funcional dos Comandos	
I) Manipulação Direta	
J) Exibição Exclusiva de Informação Relevante	
K) Uso de Rótulos, Abreviações e Mensagens Claros	
L) Uso Adequado de Janelas	
M) Projeto Independente da Resolução do Monitor.	

A seguir, são apresentadas as avaliações feitas a partir dos modelos Markovianos para cada um dos requisitos do método de taxonomia.

A) **Consistência** – este item está relacionado à padronização das imagens, da navegação e do estilo na interface. Com os resultados dos modelos *Markovianos* é possível apenas identificar comportamentos inesperados, uso de diversos nomes para uma mesma função (existência de estados absolutos – isto ocorrerá quando existirem probabilidades de transição para somente uma das funções) e uso de um mesmo nome para funções diferentes (soma das probabilidades de transição maior que 1). Neste estudo, não foram encontradas falhas referentes ao uso de diversos nomes para uma mesma função ou ao uso de um mesmo nome para funções diferentes. Com relação a comportamentos inesperados, o diagrama de transição gerado indica para quais estados o usuário pode ser encaminhado após uma determinada ação dentro do sistema. Por exemplo, foi detectado que algumas ferramentas estavam disponíveis somente a partir da *Sala de Disciplina*.

B) **Feedback** – o sistema precisa informar que a ação do usuário está sendo processada e que uma resposta será dada em breve. A partir do modelo *Markoviano* não é possível identificar qualquer função de *feedback* no estudo de caso realizado.

C) **Níveis de Habilidade e Comportamento Humano** – este item verifica o quanto as interfaces são amigáveis para diferentes tipos de pessoas. O modelo *Markoviano* permite identificar como os usuários navegam dentro do sistema. Além disso, as probabilidades estacionárias do modelo Markoviano podem informar como os usuários gastam o tempo dentro do sistema na realização de suas tarefas.

D) **Percepção Humana** – este item está relacionado à facilidade com que o usuário identifica as informações fornecidas pelo sistema. Com o modelo *Markoviano* é possível “enxergar” todos os possíveis estados do sistema.

E) **Metáforas** – não é possível a partir dos modelos gerados no estudo de caso avaliar este item.

F) **Minimização da Carga de Memória** - este item diz respeito a não exigir muito da memória do usuário, mas permitir que ele realize escolhas através de diálogos intuitivos. A visualização do diagrama de transição ajuda a verificar se os acessos dos usuários às funções do sistema estão bem projetadas e se auxiliam nas escolhas dos usuários.

G) **Eficiência no Diálogo, Movimento e Pensamentos** – este item está relacionado à distância entre o estado atual do usuário no sistema e ao estado que o usuário deseja alcançar para realizar uma tarefa. Com o modelo, é possível visualizar todas as funções do sistema, o que facilita determinar o caminho que o usuário precisa percorrer entre a origem e o destino.

H) **Classificação Funcional dos Comandos nos Menus** - as ações executadas pelo usuário são realizadas através dos comandos associados às funções do sistema. O diagrama de transição permite que o desenvolvedor verifique quantos links de acesso o sistema está gerando a partir de cada estado.

I) **Manipulação Direta** – não é possível a partir dos modelos gerados no estudo de caso avaliar este item.

J) **Exibição apenas da Informação Relevante** – este item diz respeito a não poluir a interface com informações desnecessárias. O modelo de *Markov* facilita a visualização

deste item. Por exemplo, com poucas exceções, é possível a partir de uma determinada ferramenta do sistema, alcançar qualquer outra ferramenta.

K) Uso de Rótulos, Abreviações e Mensagens Claras – não é possível a partir dos modelos gerados no estudo de caso avaliar este item.

L) Uso Adequado de Janelas – este item verifica se a interface abre desnecessariamente novas janelas. Não é possível verificar este item da taxonomia com os modelos Markovianos.

M) Projeto Independente da Resolução do Monitor – não é possível a partir dos modelos gerados no estudo de caso avaliar este item.

N) Mecanismo de ajuda - este item diz respeito aos mecanismos que auxiliam o usuário no preenchimento de campos na entrada de dados. Os modelos *Markovianos* gerados não apresentam um estado que represente esse tipo de ajuda ao usuário.

O) Prevenção de erros – este item diz respeito aos mecanismos que possibilitam prevenir, diminuir e corrigir possíveis erros do usuário. Os diagramas dos modelos permitem visualizar o comportamento dos usuários no sistema. Isto pode ajudar a detectar e corrigir erros de usabilidade na interface.

P) Tratamento de erros – este item diz respeito a disponibilizar os recursos para correção de erros e comandos para desfazer ações. *Links* que facilitem o retorno do usuário ao estado inicial do sistema ou que cancelem uma determinada ação do usuário são exemplos de maneiras para tratar erros de operação.

5. Considerações Finais

O presente trabalho, de caráter exploratório, teve como objetivo avaliar a aderência de critérios de usabilidade de um sistema EaD usando inspeção baseada em modelos Markovianos integrada à inspeção baseada em taxonomia. O primeiro método apresentou resultados *quantitativos*, o que permitiu identificar informações como o caminho percorrido pelos usuários dentro do sistema, tempo de permanência em cada ferramenta disponibilizada, quais as ferramentas mais utilizadas, etc. O segundo método apresentou resultados *qualitativos* que permitiu caracterizar, por exemplo, requisitos relacionados à exibição de informação e requisitos relacionados à entrada de dados. A combinação desses dois métodos de inspeção mostrou ser simples de aplicar e tornou a avaliação da usabilidade do sistema estudado mais completa. Como trabalho futuro, pretende-se realizar uma avaliação da usabilidade baseada em métodos de observação, de forma a confrontar seus resultados com os obtidos na presente pesquisa.

Referências

- Ardito, C., Marsico, M. e Lazilotti, R. (2004), “Usability of E-learning Tools”, In: Proc. AVI 2004.
- Andrade, L. A. (2007), “Usabilidade de Interfaces web. Avaliação Heurística no Jornalismo On-line”, In: Rio de Janeiro E-papers.
- Cysneiros, L. M., 2001, Requisitos Não-Funcionais: da Elicitação ao Modelo Conceitual. Tese de Doutorado, Departamento de Informática, PUC-RJ.

- Dias C. (2007), Usabilidade na Web: Criando portais mais acessíveis. 2ª edição. Rio de Janeiro: Alta Books.
- Dimuro P. G., Reiser, S. H. R. e Costa, R. C. A. (2002), “Modelos de Markov e Aplicacoes”, In: VI Oficina de Inteligência Artificial, Pelotas: Educat.
- Engelbrech. P., Godde F., Hartard F. *et al*, (2009), “Modeling user satisfaction with Hidden Markov Model”. In: Proc. of the SIGDIAL.
- Ferreira, S. B. L. e Leite, J. C. S. P., (2003), “Avaliação da usabilidade em sistemas de informação: o caso do sistema submarino” In: RAC – Revista de Administração Contemporânea, Vol. 7, número 2.
- Ferreira, S. B. L e Nunes, R. R., (2008), *e-Usabilidade*. 1ª edição, Rio de Janeiro, LTC Editora.
- Gassenferth, W., Santos, R. C. e Machado, M. A. S. (2008), “Systems usability evaluation metrics review”. In: Global Business and Technology Association Conference – GBATA.
- Hermida, F. J. (2006), “A Educação à Distância: história, concepções e perspectivas”, In: Revista HISTEDBR On-line.
- Kleinrock, L., (1975), *Queueing Systems - Theory*, Vol. I. Wiley-Interscience.
- Kitajma, M., Kariva, N., Takagi, H. e Zhang, Y., 2005, “Evaluation of website usability using Markov chains and latent semantic analysis”. In: IEICE Transactions on Communications.
- Penedo, J., Diniz, M., Ferreira, S. R. L., Silveira, D. S. e Capra, E. (2011), “Evaluation of Usability in a Remote Learning System Utilizing Markov Models”. In: IADIS WWW/Internet Conference.
- Prates, O. R. e Barbosa, J. D. S. (2003), “Avaliação de Interfaces de Usuário: Conceitos e Métodos”, In: Anais do XXIII Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação.
- Prates, O. R. e Figueiredo, V. M. R. (2003), “Um Modelo de Apoio ao Projeto de interfaces e Ambientes de Aprendizado”, In: IX WIE – Workshop de Informática na Escola. Anais do XXIII SBC.
- Queiroz, R. E. J. (2001), Abordagem híbrida para a avaliação da usabilidade de interfaces com o usuário. Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba.
- Rocha, H. V. e Baranauskas, M. C. C., (2003), “Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador”. Campinas (SP): NIED/Unicamp.
- Stake, E. R. (1995), *The art of case study research*, Thousand Oaks, CA.: Sage.
- Thimblebly, H. Y., Cairns, P. e Jones, M. (2001), “Usability analysis with Markov Models”, In: ACM Trans. Comput. Human Inter.
- Walker, D. (1991), *O cliente em primeiro lugar (o atendimento e a satisfação do cliente como uma arma poderosa de fidelidade e vendas)*, 1edição, Editora Campus Ltda.