



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE SISTEMAS DE ENSINO À DISTÂNCIA
UTILIZANDO INSPEÇÃO BASEADA EM MODELOS DE *MARKOV*

Janaina Rodrigues Penedo

Orientadora

Morganna Carmem Diniz

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

AGOSTO DE 2012

AVALIAÇÃO DA USABILIDADE DE SISTEMAS DE ENSINO À DISTÂNCIA
UTILIZANDO INSPEÇÃO BASEADA EM MODELOS DE *MARKOV*

Janaina Rodrigues Penedo

DISSERTAÇÃO APRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE PELO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO
DO RIO DE JANEIRO (UNIRIO). APROVADA PELA COMISSÃO
EXAMINADORA ABAIXO ASSINADA.

Aprovada por:

Morganna Carmem Diniz

Simone Bacellar Leal Ferreira

Denis Silva da Silveira

Masako Oya Masuda

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

AGOSTO DE 2012

P191 Penedo, Janaina Rodrigues.
Avaliação da usabilidade de sistemas de ensino à distância utilizando inspeção baseada em modelos de Markov / Janaina Rodrigues Penedo, 2012.
107f. ; 30 cm

Orientador: Morganna Carmem Diniz.
Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

1. Interface gráfica com o usuário (Sistema de computação) - Avaliação. 2. Ensino à distância. 3. Design centrado no usuário. 4. Markov, Processos de. I. Diniz, Morganna Carmem. II. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Curso de Especialização em Informática. IV. Título.

CDD – 005.437

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, pela força para seguir em frente mesmo diante das dificuldades do caminho.

Agradeço a minha orientadora, Morganna Diniz, pela paciência e presteza no ensinamento que tornou possível a realização deste trabalho. Agradeço pela confiança, pelos incentivos e auxílios nas horas que precisei.

Agradeço aos meus pais, Walter e Theresinha, pelo amor e compreensão, não somente nesta fase da minha jornada, mas durante toda a minha vida.

Ao meu esposo Carlos, agradeço o apoio e o amor. Obrigada por estar sempre presente na minha vida e por nunca me cobrar as ausências necessárias para a conclusão da minha pesquisa.

À minha grande e melhor amiga Eliane Capra, agradeço pela parceria no mestrado, por me escutar nos momentos difíceis e por me ajudar a não desistir.

A minha gerente e aos meus colegas de trabalho, agradeço por acreditarem no meu potencial e por apoiarem cada etapa desta pesquisa.

Agradeço o apoio e a colaboração dos professores do PPGI/UNIRIO, com os *feedbacks* valiosos para a realização deste trabalho. Agradeço especialmente aos professores Simone Bacellar Ferreira Leal (UNIRIO) e Denis Silveira (UFPE), pelos trabalhos que fizemos juntos e pelo incentivo ao meu tema de pesquisa.

Ao Professor Flávio da Fundação CECIERJ / Consórcio CEDERJ agradeço a liberação do material para realização do estudo de caso.

A minha filha Carla, meu agradecimento especial. Agradeço por compreender minhas ausências como mãe e pela paciência nos momentos em que precisei me concentrar para a realização desta pesquisa. A ela, dedico esta vitória.

PENEDO, Janaina Rodrigues. **Avaliação da Usabilidade de Sistemas de Ensino à Distância Utilizando Inspeção Baseada em Modelos de *Markov***. UNIRIO, 2012. 107 páginas. Dissertação de Mestrado. Departamento de Informática Aplicada, UNIRIO.

RESUMO

É crescente o número de instituições que oferecem seus cursos através de sistemas de educação à distância (EaD). A eficácia da Educação à Distância reside, principalmente, na interatividade entre aluno/interface/professor. Entender como o usuário se comporta, quando está conectado ao sistema, cria oportunidades para melhorias em diversas áreas, entre elas a da usabilidade. Os métodos de avaliação de usabilidade consistem de processos de coleta de dados com a finalidade de analisar como os usuários usam um produto para executar suas tarefas. A presente pesquisa tem por objetivo verificar a aderência de critérios de usabilidade em um sistema de educação à distância utilizando um método de avaliação quantitativa através de modelos Markovianos. Esses modelos permitem o cálculo de uma série de medidas de interesse e têm sido utilizados com sucesso na avaliação de desempenho de sistemas, mas ainda são pouco aproveitados em avaliações de usabilidade. Os modelos de Markov permitem estudar o comportamento dos usuários do sistema de EaD entendendo como ocorre a interação dos mesmos com a interface, possibilitando a identificação de falhas de usabilidade, tanto em sistemas em fase de inicial de projeto, quanto em sistemas já implementados. É possível também utilizar os resultados do modelo Markoviano combinados com outro método de avaliação para obter relatórios de usabilidade mais completos.

Palavras-chave: Usabilidade Web, Métodos de Avaliação, Modelos de *Markov* e Ensino à Distância.

ABSTRACT

A growing number of institutions that offer their courses through E-learning. The effectiveness of E-learning resides mainly in the interactivity between student / *interface* / teacher. Understand how the user behaves when it is connected to the system, creates opportunities for improvements in several areas, including usability. Usability evaluation methods consist of data collection processes in order to analyze how users use a product to perform their tasks. This research aims to verify the adherence of usability criteria in a E-learning system, utilizing a quantitative evaluation method through Markov Models. These models allow the calculation of a series of measures of common interest and have been successfully used in the performance evaluation systems, but are still little used in usability evaluations. *Markov* models allow you to study the behavior of users of the E-learning system, understanding as the interaction with the *interface*, and enabling the identification of usability flaws, both in initial stage systems design, and systems already implemented. You can also use the results of the integrated model to another evaluation method, to obtain the most complete usability reports.

Keywords: Usability, Methods of Usability, *Markov* Models, E-Learning Systems.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	PROBLEMA	2
1.1.1	<i>Contextualização</i>	2
1.1.2	<i>Formulação do Problema de Pesquisa</i>	3
1.2	OBJETIVO DA PESQUISA.....	4
1.2.1	<i>Objetivo Final</i>	4
1.2.2	<i>Objetivos Intermediários</i>	4
1.3	RELEVÂNCIA DA PESQUISA.....	5
1.4	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	5
1.5	METODOLOGIA	5
1.6	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	6
2	EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA: ORIGEM, EVOLUÇÃO, ESTRUTURA E ATUALIDADE BRASILEIRA	8
2.1	CONCEITUAÇÃO.....	8
2.2	EVOLUÇÃO	10
2.3	ESTRUTURA DO ENSINO À DISTÂNCIA	13
2.4	ATUALIDADE BRASILEIRA	15
3	USABILIDADE DE SISTEMAS WEB	18
3.1	USABILIDADE DE SISTEMAS WEB	18
3.1.1	<i>Importância da Usabilidade nos Sistemas de EaD</i>	19
3.2	AVALIAÇÃO DE <i>INTERFACES</i>	20
3.2.1	<i>Métodos de Avaliação</i>	21
3.2.1.1	Características dos Métodos de Avaliação	21
3.2.1.2	Métodos de Avaliação de <i>Interfaces</i>	22
3.2.1.3	Integração de Métodos para Avaliação da Usabilidade	25

3.2.2	<i>Inspeção Baseada em Taxonomia</i>	26
3.2.2.1	Requisitos relacionados à exibição da informação.....	27
3.2.2.2	Requisitos relacionados à entrada de dados	30
3.2.3	<i>Inspeção usando Modelos Markovianos</i>	31
3.2.3.1	Modelos de <i>Markov</i>	32
3.2.3.2	Processos de Decisão de <i>Markov</i>	34
3.2.3.3	Trabalhos Relacionados.....	36
4	ESTUDO DE CASO 1: PRÉ-PROJETO DE SISTEMAS.....	38
4.1	LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES	38
4.2	DEFINIÇÃO DO SOFTWARE.....	39
4.3	IDENTIFICAÇÃO DAS FUNÇÕES DO SISTEMA	39
4.4	TRANSFORMAÇÃO DAS FUNÇÕES EM ESTADOS <i>MARKOVIANOS</i>	40
4.5	LEVANTAMENTO DAS AÇÕES NO SISTEMA	40
4.6	GERAÇÃO DO DIAGRAMA DE TRANSIÇÃO ENTRE ESTADOS	41
5	ESTUDO DE CASO 2: SISTEMA IMPLEMENTADO.....	46
5.1	COLETA, ANÁLISE E AVALIAÇÃO DOS DADOS	46
5.1.1	<i>Plataforma CEDERJ</i>	48
5.1.2	<i>Dados Coletados</i>	51
5.1.3	<i>Análise dos Dados Coletados</i>	52
5.1.4	<i>Avaliação dos Dados Coletados</i>	54
5.2	IDENTIFICAÇÃO DAS FUNÇÕES DO SISTEMA	55
5.3	TRANSFORMAÇÃO DAS FUNÇÕES EM ESTADOS <i>MARKOVIANOS</i>	56
5.3.1	<i>Diagrama de Probabilidades de Transição</i>	56
5.3.1.1	Modelo referente ao ano de 2010	57
5.3.1.2	Modelo Referente ao ano de 2011	65
5.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTUDO DE CASO.....	70

6	ANÁLISE DOS RESULTADOS BASEADA NA INSPEÇÃO DE TAXONOMIA	72
6.1	ANÁLISE DOS RESULTADOS	72
6.1.1	<i>Requisitos relacionados à exibição da informação.....</i>	<i>72</i>
6.1.2	<i>Requisitos relacionados à entrada de dados.....</i>	<i>76</i>
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
7.1	TRABALHOS FUTUROS	81
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
	ANEXO I	91

1 Introdução

O ensino em sua modalidade à distância está cada vez mais em evidência e vem se tornando aceito em todo o mundo (FREITAS, 2005). O Ensino à Distância (EaD) tornou a educação convencional mais acessível a pessoas residentes em áreas isoladas ou aqueles sem condições de cursar o ensino regular nos horários pré-estipulados. A associação das tecnologias tradicionais (como rádio e televisão) com a Internet trouxe novo impulso a este formato de ensino, favorecendo a disseminação de informações e a democratização do acesso à educação em diferentes níveis, permitindo atender uma grande parte da população (ALMEIDA, 2003).

No caso dos cursos a distância deve-se dar relevância ao fato de existir uma clara distinção entre a ação de transmitir a informação e a necessidade da interação professor-aluno para que haja condição de construção de conhecimento (VALENTE, 2003).

Em um ambiente de EaD, cada participante tem a oportunidade de fazer suas próprias escolhas entre as informações, ligar contextos, mídias e recursos; tornar-se receptor e emissor de informações, leitor, escritor e comunicador (ALMEIDA, 2003).

Devido a isso, é importante levar em consideração o meio (sistema) em que a educação e a comunicação entre alunos e professores ocorre. EaD é educação e tem que ser de qualidade, tanto quanto a educação presencial, não importando os meios utilizados (NASCIMENTO e CARNIELLI, 2009).

A eficácia da EaD está na interatividade, na facilidade de uso, 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, com facilidade de utilização e sem erros operacionais. Os recursos tecnológicos devem ser empregados para controlar os caminhos percorridos pelo aluno no acesso ao sistema, automatizando o fornecimento

de respostas às suas atividades e melhorando a sua satisfação no uso do sistema (ALMEIDA, 2003). Os desenvolvedores não podem se esquecer do que deseja o usuário na utilização do sistema e nos efeitos que essa utilização possa produzir. Para tal, a verificação e a avaliação da usabilidade deve ser considerada como uma etapa importante no desenvolvimento de sistemas para EaD (GOMES, 2003).

A usabilidade do sistema é aplicada para auxiliar os desenvolvedores a utilizar as tecnologias disponíveis na adaptação das necessidades dos usuários. Esta preocupação deve estar presente desde a fase inicial de projeto e durante todo o ciclo de vida do sistema, identificando sempre as novas necessidades que podem surgir (ANDRADE, 2007).

1.1 Problema

1.1.1 Contextualização

Até a metade do século XX, os cursos por correspondências eram os mais difundidos no campo da Educação à Distância (PORTUGAL, 2002). No Brasil, o incentivo para esta modalidade de ensino ganhou forças em 1996, através da Lei nº 9394 de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (hoje em sua 5ª edição). Em 2007, com a circunscrição do documento “Referenciais de Qualidade”, o Ministério da Educação apresentou os princípios, diretrizes e critérios para elaboração de projetos de EaD. Um dos tópicos que chama atenção neste documento diz respeito ao princípio da interação e da interatividade. Segundo este princípio, os sistemas para EaD podem apresentar diferentes desenhos e múltiplas combinações de linguagens e recursos tecnológicos, mas é importante que as necessidades e satisfação dos estudantes sejam garantidas (MEC, 2007).

É importante que, ao se desenvolver sistemas para EaD, sejam respeitadas as recomendações de usabilidade, característica que determina se o manuseio de um produto é fácil e rapidamente aprendido, dificilmente esquecido, não provoca erros operacionais, oferece um alto grau de satisfação para seus usuários, e eficientemente resolve as tarefas para as quais ele foi projetado (FERREIRA e NUNES, 2008; NIELSEN e LORANGER, 2007; ROCHA e BARANAUSKAS, 2003).

Para verificar a aderência dos sistemas em desenvolvimento ou já implementados aos critérios mínimos de usabilidade, deve-se efetuar uma avaliação ou

testes. Dentre os principais objetivos da avaliação pode-se destacar: avaliar a qualidade de um projeto de *interface*, identificar possíveis problemas de interação, verificar seus requisitos de usabilidade, entre outros. 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 executarem suas tarefas em algum 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).

Em relação aos processos de avaliação analítica, encontra-se a inspeção baseada nos modelos *Markovianos*. Os modelos *Markovianos* permitem que uma série de medidas de interesse sejam calculadas e, por serem preditivos, são capazes de fornecer comparações quantitativas sobre usabilidade tanto em um sistema implementado quanto na fase inicial de um projeto de sistema (THIMBLEBLY *et al*, 2001).

Os modelos *Markovianos* permitem avaliar a usabilidade quantitativamente, analisando o comportamento do usuário na utilização do sistema e gerando diversos resultados a partir dessas avaliações, que facilitam a visualização de melhorias ou a identificação de falhas na usabilidade do sistema.

Devido a sua capacidade de fornecer comparações quantitativas, o método de inspeção da usabilidade baseada nos modelos *Markovianos* pode ser integrado com outro método de inspeção complementar, de modo a fornecer resultados mais abrangentes.

1.1.2 Formulação do Problema de Pesquisa

As *interfaces* computacionais devem ser projetadas para atender às necessidades do usuário e devem ser configuradas de acordo com a capacidade humana. Uma *interface* bem configurada, adequada às necessidades dos usuários aumenta a eficiência (PORTUGAL, 2002).

Em relação aos sistemas computacionais, é importante ressaltar que, para o usuário, a *interface* é a parte acessível de um sistema, ou seja, é através dela que ele realiza suas tarefas e acessa os serviços disponíveis (FERREIRA e NUNES, 2008). Sendo assim, a *interface* deve ser amigável como forma de estimular o uso. Um bom projeto de *interface* centrado nos usuários é fundamental para um sistema, pois uma *interface* mal projetada pode gerar dificuldades para a realização de trabalhos numa

organização. Entretanto, poucas organizações consideram esse fato quando estão planejando suas aplicações (FERREIRA e NUNES, 2008, SOMMERVILLE, 2007).

A geração de modelos matemáticos vem sendo utilizada na literatura como ferramenta para prever, com exatidão, informações relevantes ao planejamento de recursos de sistemas WEB (MENASCE *et al*, 1999). Entre as características desejadas na utilização de modelos, pode-se listar: simplicidade, obtida ao se restringir somente aos aspectos que influenciem significativamente no comportamento que se deseja analisar; e tratabilidade, geralmente associada à complexidade de se gerar resultados analisáveis a partir do modelo (SOARES e SIQUEIRA, 2006).

1.2 Objetivo da Pesquisa

1.2.1 Objetivo Final

A presente pesquisa, de caráter exploratório e quantitativo, tem como objetivo identificar e avaliar a aderência de um sistema de Ensino à Distância a critérios de usabilidade baseando-se em modelos *Markovianos*, de forma a contribuir nas propostas de melhorias a serem implementadas no sistema e na identificação de falhas.

Com as informações que representam a interação dos usuários com um sistema de EaD, é possível representar o comportamento dos usuários através de um modelo *Markoviano*, então é possível avaliar a aderência do sistema a critérios de usabilidade, inclusive efetuando a integração com outro método de inspeção.

1.2.2 Objetivos Intermediários

Para atingir o objetivo final, os seguintes objetivos intermediários foram atingidos:

- Pesquisar na literatura os métodos e critérios para avaliação da usabilidade;
- Verificar o padrão do usuário que utiliza um sistema de EaD;
- Realizar dois estudos de caso: (a) um sistema de Ensino à Distância em fase de pré-projeto, levantando as possibilidades de geração de processos para o modelo *Markoviano*; (b) um sistema de Ensino à Distância já desenvolvido e sendo utilizado em sua totalidade de processos.
- Integrar os resultados dos modelos gerados nos estudos de caso com outro método como, por exemplo, o método de inspeção baseado em taxonomia.

1.3 Relevância da Pesquisa

A presente pesquisa busca, além de contribuir com um modelo geral de um sistema de EaD, estudar as seguintes questões:

- Prever a necessidade de melhorias na usabilidade do sistema EaD antes que problemas comecem a surgir;
- Avaliar a aderência de critérios de usabilidade em um sistema EaD já desenvolvido e em utilização;
- Verificar como os recursos disponibilizados pelo sistema EaD são acessados e utilizados pelos alunos.
- Identificar o padrão de comportamento de usuários que utilizam um sistema de EaD;

1.4 Delimitação da Pesquisa

Este trabalho é focado nas informações das interações e características que modelam o comportamento do usuário na utilização de um sistema de EaD. O desempenho dos sistemas é consequência direta das solicitações (interações) de seus usuários (LUTTEROTH e WEBER, 2008).

A presente pesquisa foi desenvolvida principalmente em ambientes reais (situações reais de ensino-aprendizagem). Entretanto, vale ressaltar que o foco da pesquisa está no estudo da relação entre o problema apresentado e sua respectiva causa. Não é o foco desta pesquisa a análise das adequações didáticas.

1.5 Metodologia

Os dados de interesse da pesquisa correspondem aos acessos de usuários em um sistema de Ensino à Distância. O estudo de caso é a principal estratégia adotada.

O uso de estudos de caso pode ser definido ao tentar conhecer com profundidade “como” e “por que” tal fenômeno ocorre (STAKE, 1995). No caso da presente pesquisa, pretende-se responder questões do tipo “como” avaliar a usabilidade utilizando modelos *Markovianos* a partir da interação dos usuários de um sistema de Ensino à Distância.

O estudo de caso representa uma investigação empírica e compreende um método abrangente, com a lógica do planejamento, da coleta e da análise de dados.

Neste método é característica a falta de controle do pesquisador sobre o fenômeno (YIN,2005).

Como componentes do caso pode-se citar: os usuários, os acessos ou interações e as ferramentas do sistema utilizadas nesses acessos.

Em (GIL,2005), são definidas quatro fases que mostram o delineamento de um estudo de caso. Abaixo, cada fase é discutida de acordo com o escopo deste trabalho.

a) Delimitação da Unidade-Caso

A primeira fase consiste em delimitar a unidade que constitui o caso, nesta pesquisa, trata-se das interações dos usuários com um sistema de Educação à Distância.

b) Coleta de Dados

Para a fase de coleta de dados, foi verificado o comportamento dos usuários através de processos de decisão de *Markov* (no caso do estudo de caso 1 – sistema em pré-projeto) e logs de acessos (no caso do estudo de caso 2 – sistema implementado).

c) Seleção, Análise e Interpretação dos dados

A terceira fase é representada pela seleção, análise e interpretação dos dados. A organização dos dados deverá seguir o seguinte formato: observar as requisições efetuadas pelos usuários no período coletado, selecionar os dados considerando os objetivos da investigação e as referências bibliográficas para avaliar quais dados serão úteis ou não. Aplicar as métricas que permitem caracterizar e classificar o usuário no sistema. O método de análise se dará de forma estatística com a identificação das variáveis que serão medidas na unidade observada.

d) Elaboração do Relatório

A quarta fase é representada pela elaboração dos relatórios parciais e finais validando a teoria que embasou a pesquisa.

1.6 Estrutura da Dissertação

Após este capítulo o trabalho continua com a seguinte organização:

- O Capítulo 2 (EaD: Origem, Evolução, Estrutura e Atualidade Brasileira) apresenta informações referentes à Educação à Distância no Brasil e os

referenciais de qualidade utilizados pelo governo brasileiro para sistemas de Ensino à Distância.

- O Capítulo 3 (Usabilidade de Sistemas Web) apresenta o referencial teórico sobre usabilidade Web e os diferentes métodos de avaliação.
- O Capítulo 4 (Estudo de Caso 1: Pré-Projeto de Sistema) detalha e descreve os resultados obtidos no estudo de caso de um sistema em pré-projeto que objetiva disponibilizar Educação à Distância em uma empresa do setor privado.
- O Capítulo 5 (Estudo de Caso 2: Sistema Implementado) detalha e discute os resultados obtidos no estudo de caso em um sistema já implementado e em utilização.
- O Capítulo 6 (Análise de Resultados baseada na Inspeção de Taxonomia) apresenta a integração do método de inspeção baseada em Modelos de *Markov* com o método de inspeção baseado em taxonomia e apresenta o relatório final com pontos positivos e negativos da avaliação realizada nos estudos de caso.
- O Capítulo 7 (Considerações Finais) apresenta as conclusões sobre a pesquisa realizada e as sugestões de trabalhos futuros.
- O Anexo I apresenta o estudo do perfil dos usuários do sistema de EaD do CEDERJ.

2 Educação à Distância: Origem, Evolução, Estrutura e Atualidade Brasileira

Este capítulo apresenta conceitos relacionados à Educação à Distância (EaD), apresentando informações referentes à origem, a evolução da EaD e os conceitos e normas do governo brasileiro para utilização desta modalidade de ensino.

2.1 Conceituação

Conceituar a Educação à Distância não é tarefa fácil e ainda hoje é assunto que causa debates. A negação ou o diferencial com a educação chamada presencial é muitas vezes utilizada como forma de conceituar a educação à distância.

A educação pode ser considerada como sendo à distância sempre que, no conjunto das atividades que conduzem à integração do conhecimento, exista um componente de autoaprendizagem decorrente do trabalho individual do estudante fora de uma sala de aula e da presença de um professor (TRINDADE, 2001).

O ensino é uma atividade que envolve três componentes:

- Aquele que ensina - o professor;
- Aquele a quem se ensina - o aluno;
- Aquilo que é ensinado - o conteúdo.

Partindo deste princípio, pode-se conceituar a EaD como o ensino em que o primeiro componente e o segundo estão separados (no tempo ou no espaço) um do outro (FONSECA, 1995).

EaD pode também ser conceituada a partir de referências da educação convencional, desenvolvida com a presença física de professores e alunos em um mesmo espaço segundo determinada abordagem educacional. Nessa abordagem de EaD, conta-se com a presença do professor para elaborar o material instrucional e planejar as

estratégias de ensino e, na maioria das situações, com um tutor encarregado de responder as dúvidas dos alunos. Quando o professor não se envolve nas interações com os alunos, cabe ao tutor fazê-lo (ALMEIDA, 2003).

Ensinar em ambiente à distância significa: organizar situações de aprendizagem, planejar e propor atividades; disponibilizar material de apoio com o uso de múltiplas mídias e linguagens; ter um professor que atue como mediador e orientador do aluno; fornecer informações relevantes, incentivar a busca de distintas fontes de informações e a realização de experimentações; provocar a reflexão sobre processos e produtos; favorecer a formalização de conceitos (ALMEIDA, 2003).

EaD é um processo de ensino e aprendizagem que ocorre entre professores e alunos interligados por tecnologias que propiciam a interatividade. Em um mesmo curso à distância, conforme as características da atividade podem existir alternância entre focos, sendo possível lançar mão de diferentes formas e recursos, tais como materiais disponibilizados em *CD-Rom* ou impressos via correios, por meio de teleconferências, etc. O conceito de interatividade implica a participação ativa do aluno (auto-aprendizado), oferecendo-lhe a possibilidade de adquirir e construir sobre as informações recebidas, numa perspectiva de reciprocidade da comunicação. Esse auto-aprendizado por outro lado não diminui a responsabilidade do professor em orientar o aluno para que ele supere suas dificuldades (PORTUGAL, 2002).

Existem elementos chaves dos processos de EaD que normalmente não são encontrados na educação presencial e que auxiliam uma melhor compreensão e comparação de conceitos (KEEGAN, 1996):

- Distância física entre professores e alunos;
- Uso da mídia para interligar professores e alunos;
- Aprendizes vistos como indivíduos, ao invés de grupos de alunos.

A política de educação no Brasil trata a EaD com base legal estabelecida no Art. 80 da LDB (1996) e regulamentada pelo decreto nº 5622, de 20/12/2005, que a define como um modelo de ensino-aprendizagem apoiado em recursos didáticos e tecnológicos específicos, acrescentando o enfoque de autodidatismo, como se verifica em seu texto.

Para os fins deste decreto, caracteriza-se a EaD como modalidade educacional na qual a mediação didático-pedagógica nos processos de ensino e aprendizagem ocorre com a utilização de meios e tecnologias de informação e comunicação, com estudantes e professores desenvolvendo atividades educativas em lugares ou em tempos diversos.

Além disto, tal decreto atribui a responsabilidade de gestão à Secretaria de Educação à Distância do Ministério da Educação (SEED/MEC), passando a ela a missão de atuar como agente de inovação dos processos de ensino-aprendizagem, estimulando à incorporação das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e da educação à distância aos métodos didático-pedagógicos das escolas públicas e tem como um dos objetivos formular, fomentar e programar políticas e programas de educação à distância, visando à universalização e democratização do acesso à informação, ao conhecimento e à educação.

De acordo com o Fórum Nacional de Pró-Reitores de Graduação das Universidades Brasileiras – ForGrad (ALMEIDA, 2003), a educação à distância pode contribuir para a busca de novos paradigmas educacionais no sentido de deslocar-se da concepção “de educação como sistema fechado, voltado para a transmissão e transferência, para um sistema aberto, implicando processos transformadores que decorrem da experiência de cada um dos sujeitos da ação educativa”.

Deve-se entender que a educação à distância e a educação presencial são forças complementares e não antagônicas, e que a excelência do ensino reside nas instituições e em seus alunos. A eficácia está na interatividade, no interesse e no esforço pessoal, seja no curso presencial ou no curso à distância (HERMIDA, 2006).

2.2 Evolução

A educação à distância teve sua origem aproximadamente em 1840, tendo como base a escrita e usando cartões postais como tecnologia (SARAIVA, 1996). A escrita foi a primeira estratégia entre interlocutores que estavam separados pela distância e a primeira forma de comunicação para a EaD (HERMIDA, 2006).

Com a difusão do rádio e da televisão, a informação passou a ser disponibilizada mais rapidamente, mas o processo de interação entre aluno e professor continuava a ser unidirecional, com o aluno participando como objeto passivo do processo.

Uma iniciativa importante que fomentou a utilização da educação bidirecional foi a *Open University* (OU), quando em 1967 o governo britânico desafiou o comitê de planejamento a estruturar um plano de implantação de uma universidade aberta no intuito de forçar as universidades tradicionais a reverem cursos, métodos e técnicas de ensino (UNIVESP, 2011). Com o advento da Internet, a OU investiu pesadamente em

cursos via internet e, no fim dos anos 1990, 180 mil estudantes já estudavam *on-line*. A universidade oferece atualmente mais de 600 cursos, onde trabalham mais de 4.500 funcionários e 8 mil tutores em 13 centros regionais distribuídos pelo Reino Unido. Além do apoio dos centros regionais, os alunos podem ter acesso aos serviços sediados na unidade gestora da OU, como uma biblioteca central, recursos *on-line* disponíveis no *site* da universidade (textos, vídeos, livros) e o sistema de teleconferências *on-line*, denominado *FirstClass*.

No Brasil, pode-se citar o Instituto Monitor (2011), criado em 1939, como sendo pioneira na modalidade de EaD. O primeiro curso à distância foi composto por algumas apostilas e todo o trabalho era realizado por correspondência, inclusive a correção das tarefas encaminhadas aos alunos como forma de medir o aproveitamento no curso.

Outro instituto também pioneiro na educação à distância no Brasil é o Instituto Unuversal Brasileiro (2011) que, de 1941 até os dias de hoje, oferece cursos profissionalizantes e supletivos.

Em 1947, o SENAC São Paulo em parceria com o SESC regional, concebeu o ensino através do rádio com o projeto da Universidade do Ar (UNAR). A transmissão das aulas via rádio, priorizava quatro disciplinas: português, aritmética comercial, ciências sociais e noções de economia e comércio e se destinavam aos jovens e adultos que por diversas razões não concluíram a escolaridade em idade própria. O projeto durou até 1962 e beneficiou 91 mil pessoas. O processo de aprendizado levava o ensino a milhares de ouvintes da capital e do interior – muitos deles sem outros meios de acesso ao ensino (SENAC, 2011).

Após estas primeiras iniciativas, foram surgindo vários outros programas para a EaD, como por exemplo:

- Movimento de Educação de Base em 1956;
- Projeto Minerva em 1970;
- Movimento Brasileiro de Alfabetização - Mobral em 1979;
- Fundação Educar em 1989;
- Um Salto para o Futuro da Fundação Roquete Pinto em 1991;

O ano de 1980, com o início da expansão da internet no ambiente universitário, foi o ano em que a EaD emergiu como um componente padrão para prover educação no Brasil (KEEGAN, 1996). No entanto, o que tornou a EaD popular no Brasil, foram os

projetos de ensino supletivo via televisão e fascículos, onde adquiriu o significado de telecurso, em 1995. Essa iniciativa teve apoio governamental quando o Ministério da Educação, através da Lei nº 5.692/71, que determinou a utilização do rádio, da TV, da correspondência e de outros meios de comunicação para que se pudesse atingir o maior número de indivíduos possível.

O acesso à educação é garantido no artigo 208, inciso V, da Constituição Federal de 1988 “*o dever do Estado com a educação será efetivado mediante garantia de acesso aos níveis mais elevados do ensino, da pesquisa e da criação artística, segundo a capacidade de cada um*”. Mas somente em 1996, após o Ministério da Educação instituir a Secretaria de Educação à Distância (SEED) para atuar como um agente de inovação tecnológica nos processos de ensino e aprendizagem, fomentando a incorporação das tecnologias de informação e comunicação e das técnicas de EaD aos métodos didático-pedagógicos foi que a SEED instituiu a Lei nº 9394 de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (hoje em sua 5ª edição) que determina o incentivo ao desenvolvimento e a veiculação dos programas de Educação à Distância, em todos os níveis e modalidades de ensino.

Dentre os programas, projetos e ações coordenados pela SEED pode-se citar o Programa Nacional de Informática na Educação (PROINFO) que dedica seus recursos a promover o uso pedagógico da informática na rede pública de educação básica e a formação de professores para a inserção de tecnologias na prática pedagógica dentro de uma ótica de interação e construção de conhecimento. Outra importante iniciativa é o Sistema de Universidade Aberta do Brasil (UAB), que busca ampliar e interiorizar a oferta de cursos e programas de educação superior, por meio da EaD. O objetivo do programa é reduzir as desigualdades na oferta de ensino superior e desenvolver um amplo sistema nacional de educação superior à distância.

No início de 2011, o governo extinguiu a SEED, contudo esta decisão não representou o fim das políticas públicas para EaD e nem mesmo a interrupção dos programas em execução. Os projetos antes administrados pela SEED foram repassados a outras secretarias vinculadas ao Ministério da Educação.

No Rio de Janeiro, um importante projeto, instituído pela lei complementar nº 103 de 2002, é a Fundação Centro de Ciências e Educação Superior à Distância do Estado do Rio de Janeiro - Fundação CECIERJ. Esta instituição tem como objetivo principal oferecer educação superior gratuita e de qualidade, na modalidade à distância. A

fundação CECIERJ promove a expansão ensino gratuito através de cursos de extensão, graduação e pós-graduação, atividades curriculares e extracurriculares, atingindo diretamente mais de 60 mil pessoas por ano nos 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro.

2.3 Estrutura do Ensino à Distância

Através da EaD o aluno tem a oportunidade de avaliar continuamente o próprio trabalho, individualmente ou com a colaboração do grupo, e efetuar instantaneamente as reformulações que considere adequadas para produzir novos saberes, logo é importante atentar a infraestrutura de configuração das *interfaces* ou sistemas utilizados para EaD. Um mesmo sistema pode integrar diferentes tecnologias e metodologias de aprendizagem.

O avanço das tecnologias de comunicação resulta em mudança nos conceitos de presencialidade e cursos, alterando o papel dos professores, que passam a ser instigadores dos alunos na aquisição de conhecimento (MORAN, 2002). Enquanto algumas organizações limitam-se à transposição do ensino presencial para o virtual, predominando a interação virtual fria (formulários, rotinas, provas, *e-mail*), outras instituições exploram interações *online*, passando do modelo predominantemente individual para o modelo que considera a participação de grupos na EaD.

Em 2007, o MEC liberou o documento oficial denominado “Referenciais de Qualidade” onde se definiram os princípios, diretrizes e critérios a serem utilizados como referenciais nas instituições que ofereçam cursos à distância (MEC, 2007). Este documento é complementar à Lei de Diretrizes e Bases da Educação.

De acordo com o documento do MEC, os projetos de cursos na modalidade à distância devem compreender categorias que envolvam, fundamentalmente, aspectos pedagógicos, recursos humanos e infraestrutura. Para tal, um curso na modalidade à distância deve respeitar os seguintes aspectos:

- Concepção de Educação e Currículo no Processo de Ensino e Aprendizagem - apresentar claramente sua opção de educação, de currículo, de ensino, de aprendizagem, de perfil do estudante que deseja formar.
- Sistemas de Comunicação - um curso superior à distância precisa estar ancorado em um sistema de comunicação que permita ao estudante resolver, com rapidez,

questões referentes ao material didático, bem como aspectos relativos à orientação de aprendizagem e interação do estudante com docentes, tutores, colegas, coordenadores de curso e administradores responsáveis pelo sistema de EaD.

- Material Didático - deve ser concebido de acordo com os princípios epistemológicos, metodológicos e políticos explicitados no projeto pedagógico, de modo a facilitar a construção do conhecimento e mediar a interlocução entre estudante e professor. Além disso, deve passar por rigoroso processo de avaliação prévia (pré-testagem) com o objetivo de identificar necessidades de ajustes, visando o seu aperfeiçoamento.
- Avaliação - as instituições devem planejar e implementar sistemas de avaliação institucional, incluindo ouvidoria, que produzam efetivas melhorias de qualidade nas condições de oferta dos cursos e no processo pedagógico.
- Equipe Multidisciplinar - Os recursos humanos devem configurar uma equipe multidisciplinar com funções de planejamento, implementação e gestão dos cursos à distância.
- Infraestrutura de Apoio - deve ser proporcional ao número de estudantes, aos recursos tecnológicos envolvidos e à extensão de território a ser alcançada.
- Gestão Acadêmico-Administrativa - É indispensável a existência de infraestrutura que centralize a gestão dos cursos ofertados nas instituições.
- Sustentabilidade Financeira - a instituição deve montar a planilha de custos do projeto de acordo com o projeto político-pedagógico e fazer a previsão dos recursos necessários.

Os aspectos referentes à equipe multidisciplinar e à infraestrutura de apoio são complementares. Dentro da equipe multidisciplinar chama atenção o papel dos tutores. Os tutores são definidos como mediadores do processo de ensino aprendizagem, estabelecendo uma ponte segura e dinâmica entre docentes e alunos. Os tutores à distância têm como base para seu trabalho a instituição de ensino, utilizando-se de sua infraestrutura para mediação junto a estudantes geograficamente distantes, referenciados aos pólos de apoio presencial. Sua principal atribuição é o esclarecimento de dúvidas de conteúdo do material didático. O tutor presencial exerce sua função diretamente nos pólos junto aos estudantes, em horários previamente estabelecidos, esclarecendo

dúvidas em relação a conteúdos específicos e às tecnologias utilizadas nos cursos (COSTA e FARIA, 2008).

Um pólo de apoio presencial é, segundo determina o artigo primeiro da Portaria Normativa nº 02/2007, “*a unidade operacional para desenvolvimento descentralizado de atividades pedagógicas e administrativas relativas aos cursos e programas ofertados a distância*”. Nesta portaria está prevista uma série de atividades presenciais que deve ser realizada nos pólos tais como avaliações dos alunos, defesas de trabalhos de conclusão de curso, aulas práticas em laboratórios e estágio obrigatório.

2.4 Atualidade Brasileira

Em 2007, mais de 2,5 milhões de brasileiros estudaram em cursos com metodologia à distância segundo levantamento feito pelo Anuário Brasileiro Estatístico de Educação Aberta e a Distância (ABRAEAD, 2011).

De acordo com os dados do MEC, já existem credenciados 224 instituições credenciadas com mais de 5800 polos na modalidade à distância (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 – Pólos e instituições credenciadas a oferecer cursos à distância (ABED, 2011).

Região	Polos	Instituições
Norte	466	16
Nordeste	1359	43
Centro-oeste	618	18
Sudeste	2156	99
Sul	1269	48

Em 2010, a Associação Brasileira de Educação à Distância (ABED) apresentou a comunidade acadêmica os resultados de um estudo que permite entender as tendências atuais da EaD. A pesquisa para elaboração do documento foi realizada através de questionários entre os meses de março a junho de 2009. Os questionários ficaram disponíveis no *site* da ABED e puderam participar da pesquisa as instituições de qualquer porte e enquadramento temático ou metodológico, abrangendo níveis educacionais como educação básica, educação de jovens e adultos (EJA) e cursos técnicos. Também participaram da pesquisa ex-alunos de cursos de EaD. Foram incluídos instituições públicas e privadas do ensino, corporações e empresas estatais,

fornecedores de produtos e serviços de EaD que descrevem o cenário atual da EaD no Brasil. Para essa pesquisa, foi considerado apenas o espaço temporal do ano de 2008 (ABED, 2011).

Considerando os resultados da pesquisa, nota-se que a educação básica e técnica têm apenas 2,8% dos alunos no Sul, 7,4% dos alunos no Nordeste e 7,7% no Norte, enquanto nas regiões Sudeste e Centro-Oeste fica na faixa entre 40% e 50%. Essa distorção pode ser resultado da burocracia: enquanto projetos de graduação e pós-graduação podem estabelecer-se em qualquer estado da Federação após obtenção de credenciamento, os projetos a distância de educação básica, EJA e técnicos precisam obter credenciamento em cada conselho estadual da parte da Federação em que se pretende estabelecer.

Os cursos de especialização formam o maior grupo isolado (37% de todos os cursos), seguido pelos de graduação (26,5%), ou então por um grupo que pode ser composto pelos cursos de graduação mais os tecnólogos ou de complementação pedagógica, que ainda assim ficam com 34,6%, mantendo a superioridade numérica dos cursos de especialização. É também notável a inexpressividade de projetos de EJA nas regiões Norte e Nordeste.

Os cursos voltados para a formação de professores ainda são o maior grupo (31,5%), seguidos pelos de gestão e/ou administração (19%) e dos que envolvem tecnologia e informática (6,7%). Surgem também nesse cenário, com relevância, os cursos relacionados à área de direito (6%).

Os dados do Censo da Educação Superior da ABED, já divulgados pelo MEC, também deixam claro o avanço da educação privada sobre a pública em EaD. As instituições credenciadas, que tiveram seus questionários validados para pesquisa, acolhem quase um milhão de estudantes, o que corresponde à ampla maioria dos alunos de EaD.

Com relação à mobilidade, o relatório indica que 42% dos alunos estão, em média, fora do estado sede das instituições. O Estado de São Paulo é apontado como o maior fornecedor de alunos para instituições de outros estados. Já o Estado do Paraná sedia as instituições com alunos que moram em estados vizinhos. Os estados das regiões Sul e Sudeste são os que têm maior potencial para fornecer alunos, além do estado da Bahia. As instituições privadas são as que mais recebem alunos de outros estados.

Com relação ao perfil do aluno, 53,4% do sexo predominante é o feminino (a exceção é a região Centro-Oeste, com 47% de mulheres). A idade média do aluno é maior na modalidade à distância do que na educação presencial em: 54% das instituições, a idade predominante é a de mais de 30 anos.

Com relação à evasão, a média apurada entre as 129 instituições que responderam a essa questão é de 18,5%. No setor público, por exemplo, ela tem índice de 21,1%. O maior índice de evasão ocorre na região Norte com 27,8%; e o menor na região Sul, com 14,8%. Quando analisado o tipo de apoio docente que as instituições oferecem, nota-se que a evasão mais baixa ocorre quando há maior oferta de professor. Os motivos mais frequentes apontados pelos alunos para a evasão, na análise das instituições, são a falta de dinheiro e de tempo mas os problemas referentes ao desconhecimento do método ou ao seu estranhamento não são desprezíveis, sendo citados por um terço das instituições.

Com relação às ferramentas e a metodologia utilizada, percebe-se ainda forte presença dos paradigmas presenciais nos cursos de EaD, pois a mídia mais utilizada para cursos à distância ainda é o material impresso: 87,3% das instituições utilizam papel; 71,5% fazem uso de sistemas ou plataformas computacionais; e 51,7% utilizam vídeo-aulas.

No detalhamento sobre o tipo de apoio tutorial que é utilizado, o apoio *on-line* mostra-se bem mais difundido entre as Instituições de Ensino Superior (IES) do que entre as de educação básica. Entre as instituições que ministram cursos livres, os chats e os fóruns de discussão são os recursos *on-line* preferidos, muito à frente dos demais.

Dentre os sistemas de gerenciamento de cursos gratuitos, os mais citados foram Moodle, Teleduc e e-PROINFO.

3 Usabilidade de Sistemas Web

A usabilidade de um sistema está relacionada com a interação entre a *interface* e os usuários que efetivamente utilizam tal sistema. Dentre os métodos para avaliar a usabilidade, é recomendável escolher o que melhor resultado apresenta de acordo com os objetivos da avaliação. A utilização de cadeias de *Markov* permite, além de uma avaliação quantitativa da usabilidade em todas as fases de desenvolvimento do sistema, a integração com outros métodos, como a inspeção baseada em taxonomia.

3.1 Usabilidade de Sistemas Web

O desenvolvimento dos sistemas de informação é uma tarefa difícil por envolver não só as tecnologias como também diferentes fatores organizacionais (FERREIRA e NUNES, 2008). Em se tratando de desenvolvimento de sistemas Web, tal preocupação tende a aumentar devido a grande quantidade de potenciais usuários, com diferentes características de comportamento. Um desafio está em criar um sistema cujas ferramentas disponibilizadas aos usuários ajudem a aumentar sua produtividade (LEWIS *et al*, 1998). Para o sucesso de um sistema, 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).

A produtividade, no caso dos sistemas Web, pode ser caracterizada como a redução da incidência de erros, a rapidez na execução das tarefas, entre outros. Essas características podem ser verificadas usando a avaliação da usabilidade da *interface* do sistema (PRATES e FIGUEIREDO, 2003).

A *interface* é a parte através da qual os usuários acessam os sistemas para realizar suas tarefas. A *interface* envolve todos os aspectos de um sistema com o qual o usuário

mantém contato (MORAN, 1981 *apud* PRATES e FIGUEIREDO, 2003). O aprimoramento contínuo da usabilidade auxilia os usuários, independente da idade ou do grau de instrução, a conectarem-se aos mais variados sistemas, de maneira mais rápida, fácil e produtiva – reduzindo os sentimentos de frustração e impotência (NIELSEN e LORANGER, 2007). Pode-se definir um problema de usabilidade como um aspecto do sistema e/ou como uma demanda do usuário, que torna o sistema desagradável, sendo impossível a realização das tarefas propostas pelo usuário em uma situação típica de uso (LAVERY *et al*, 1997).

Para auxiliar no aprimoramento da usabilidade, é importante que metas sejam traçadas o quanto antes no desenvolvimento do projeto e depois revisitados e utilizados no acompanhamento do progresso (PREECE *et al*, 2005).

Antes de liberar um sistema pronto para uso, deve ser verificado se ele apóia adequadamente os usuários nas suas tarefas e no ambiente em que será utilizado (PRATES e FIGUEIREDO, 2003). A avaliação de *interface* deve ser utilizada para conhecer o que os usuários querem e os problemas que experimentam (ROCHA e BARANAUSKAS, 2003). Quanto mais cedo forem encontrados os problemas, menor é o custo para repará-los.

3.1.1 Importância da Usabilidade nos Sistemas de EaD

Um sistema de Educação à Distância (EaD) é um sistema Web que integra ferramentas e serviços onde a interação aluno/computador/professor ocorre através da utilização de uma *interface*. Tais sistemas devem ser desenvolvidos para disponibilizar ferramentas que permitam o ensino-aprendizagem fornecendo uma *interface* fácil e flexível para não desestimular o interesse dos usuários (ARDITO *et al*, 2004).

Aprender é um processo ativo, e a *interface* do sistema deve auxiliar os alunos na utilização cognitiva do material de aprendizagem, auxiliando na utilização das ferramentas disponibilizadas. Os alunos devem passar o tempo em que estão conectados 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).

Problemas relacionados à navegação (usuários sentem dificuldade em encontrar a informação desejada ou não sabem como retornar as páginas anteriormente visitadas), recursos multimídia (uso de maneira inadequada devido a utilização abusiva de textos

em destaque), fatores culturais (uso de referências culturais não globais) e tecnologia (incompatibilidade entre os softwares de navegação ou hardware) podem ser listados como obstáculos de usabilidade que impedem os usuários de sistemas de EaD de realizar suas tarefas (GONÇALVES *et al.*, 2012).

3.2 Avaliação de *Interfaces*

A avaliação de *interfaces* é uma atividade importante em qualquer processo de desenvolvimento que busque produzir um sistema interativo com qualidade de uso (BARBOSA e SILVA, 2010). Ela consiste de um processo sistemático de coleta de dados, com a finalidade de analisar como os usuários usam um produto para executar suas tarefas em algum ambiente computacional (PREECE *et al.*, 2005).

Um desenvolvedor não deve supor que basta seguir métodos e princípios de projeto de *interfaces* para garantir a qualidade de uso de *software*. Também não deve presumir que os usuários são como ele próprio, e que, portanto bastaria sua avaliação para atestar esta qualidade (PRATES e FIGUEIREDO, 2003).

Ao se avaliar problemas de usabilidade em sistemas Web, tem-se por objetivos:

- a) Propor correções em projetos de sistema em fase de desenvolvimento;
- b) Propor revisões/ajustes/customizações em sistemas já implementados;
- c) Comparar o desempenho efetivo de sistemas interativos.

A avaliação da usabilidade se refere aos métodos utilizados por avaliadores para examinar os aspectos relacionados a uma *interface*. Um sistema orientado para a usabilidade deve possuir uma *interface* onde a execução da tarefa possa ser realizada sem chamar nenhuma atenção para si, de modo que os usuários não precisem gastar sua energia na *interface*, mas somente no trabalho que se deseja executar (NORMAN, 1986 *apud* FERREIRA e NUNES, 2008).

Os benefícios obtidos com a avaliação da usabilidade podem ter efeito imediato, em reparos importantes no início do desenvolvimento; a médio prazo, no planejamento da estratégia de treinamento e *marketing*; ou até mesmo a longo prazo, apoiando o planejamento de versões futuras do *software* (PRATES e FIGUEIREDO, 2003).

O contexto de uso interfere na escolha de que parâmetros medir. Logo, é importante levar em conta não somente os usuários, mas também as tarefas e ambientes

que podem ser significativamente diferentes, sendo necessária a avaliação desses subconjuntos para se ter a medida de usabilidade do produto (MACIEL *et al.*,2004).

Os recursos disponíveis: infraestrutura física, equipamentos e recursos humanos (avaliadores e usuários de teste) exercem uma influência significativa sobre a qualidade dos resultados de uma avaliação, assim como a correta escolha do método mais apropriado ao propósito da avaliação e a natureza da investigação tem influência decisiva nas fontes, ferramentas e técnicas a serem adotadas (QUEIROZ, 2001).

3.2.1 Métodos de Avaliação

3.2.1.1 Características dos Métodos de Avaliação

Os métodos de avaliação de *interfaces* 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 (PRATES e FIGUEIREDO, 2003).

São exemplos de diferenças entre os métodos: (a) etapa do desenvolvimento do sistema, (b) coleta e tipo de dados coletados, e (c) tipo de análise executada (PREECE *et al.*, 2005). Abaixo, um pouco mais de detalhes.

(a) Etapa de desenvolvimento

É utilizado o método de avaliação somativo, quando as avaliações são feitas após o sistema implementado, ou formativo, quando as avaliações são realizadas ainda no processo de desenvolvimento (PREECE *et al.*, 2005).

(b) Coleta e tipo de dados coletados

A decisão sobre que método de coleta utilizar depende principalmente da disponibilidade dos recursos que se tem e dos objetivos da avaliação a ser feita (PRATES e FIGUEIREDO, 2003). Quando o objetivo é identificar a apreciação dos usuários na utilização do sistema, a coleta pode ser realizada através da opinião dos usuários por meio de questionários e/ou entrevistas. Quando o objetivo da avaliação é ter uma visão dos problemas vivenciados pelos usuários durante o uso da *interface*, a coleta pode ser realizada através da observação dos usuários (no contexto de uso do usuário, como seu ambiente de trabalho ou sua residência, ou em um ambiente controlado, como um laboratório). Outra forma de coletar informações sobre como os usuários usam o sistema é através de registros feitos durante a interação através de *logs*, que armazenam em arquivos a interação dos usuários com o sistema.

Dependendo da técnica de coleta de dados utilizada, o resultado pode gerar dados do tipo quantitativos, quando os dados coletados são apresentados em números, ou qualitativos, quando são apresentados como uma lista de soluções.

(c) Tipo de análise executada

A análise executada é preditiva, quando os dados coletados de especialistas são utilizados na tentativa de prever dificuldades que os usuários encontrariam. A análise é interpretativa quando se estuda a interação do próprio usuário com o sistema (PRATES e FIGUEIREDO, 2003).

3.2.1.2 Métodos de Avaliação de *Interfaces*

De acordo com o método a ser utilizado, a avaliação da usabilidade de *interfaces* pode ser classificada em dois grupos (DIAS, 2007 *apud* MODESTO, 2009): Métodos de observação (testes centrados no usuário) e Métodos de inspeção (métodos analíticos).

É esperado que os melhores resultados advenham de testes com usuários, porém nem sempre as condições para realização de tais testes são possíveis. Os métodos de inspeção permitem que a avaliação transcorra sem a necessidade do envolvimento direto dos usuários (QUEIROZ, 2001).

▪ Métodos de Observação ou Testes com Usuários

Os métodos de observação com usuários, também classificados como avaliações experimentais ou métodos observacionais consistem em desenvolver ensaios com usuários "reais", visando à aquisição de informações diretamente de seu contexto de uso. Esta estratégia possibilita ao avaliador a coleta de informações relativas a como os usuários interagem com o sistema (QUEIROZ, 2001).

Nos métodos de observação, os estudos do processo interativo ocorrem em condições "reais" ou "controladas", onde os avaliadores coletam dados sobre eventos relacionados com a interação propriamente dita e apontam os problemas ocorridos durante o uso do sistema. Tais métodos envolvem uma gama de técnicas que se diferenciam segundo o objetivo estipulado, a formalidade do procedimento e os custos associados (QUEIROZ, 2001).

Dentre as técnicas usadas para os métodos de observação, pode-se destacar:

- (a) Entrevistas e Questionários: permitem ao avaliador conhecer a opinião e reação dos usuários. Visam identificar a percepção, atitudes e ideias das pessoas com relação a um tema, produto ou tarefa (DIAS, 2007 *apud* MODESTO, 2009).
- (b) Teste Empírico de Usabilidade (ou Ensaio de Interação): realizado com pessoas que representam o público-alvo que devem então realizar tarefas típicas do contexto de uso do produto, com objetivo de captar dados quantitativos e qualitativos. Deve ser definido o plano e o objetivo do teste e também o perfil dos usuários. O teste pode ser realizado em qualquer etapa do desenvolvimento, em um protótipo de laboratório ou em um sistema já implementado (MODESTO, 2009).
- (c) Verbalização: Nesta técnica o usuário deve falar o que pensa e sente. Pode ser realizado enquanto o usuário executa as tarefas (verbalização simultânea), ou após executar as tarefas (verbalização consecutiva), ou ainda pelo estímulo do avaliador com perguntas durante os testes (verbalização estimulada). Sua vantagem é a possibilidade de avaliar aspectos subjetivos da interação e aspectos do modelo mental do usuário que não seriam facilmente percebidos (DIAS, 2007 *apud* MODESTO, 2009).
- (d) Medida de desempenho: o objetivo desta técnica é medir o desempenho da interação através de dados quantitativos, relacionados, normalmente, ao tempo gasto para realizar atividades, o número de erros, o número de comandos usados e ignorados, dentre outros. Para realizar este teste, além de ter os objetivos bem definidos, eles devem poder ser mensuráveis e quantificáveis. O ambiente de teste deve ser organizado de forma a tentar minimizar ou eliminar possíveis falhas nos resultados medidos. Devido à necessidade de aparelhagem e software para monitorar e gravar os passos executados, é comum o uso desta técnica em laboratórios específicos (DIAS, 2007 *apud* MODESTO, 2009).

▪ Métodos de Inspeção

Os métodos de inspeção podem ser definidos como um conjunto de técnicas utilizadas por avaliadores (especialistas em usabilidade, consultores de desenvolvimento de software, especialistas em um determinado padrão de *interface*), onde não existe o envolvimento direto dos usuários. Estudos demonstram que os problemas encontrados por métodos de inspeção podem não ser detectados pelos métodos que efetuam testes

com usuários e vice-versa. Fora isso, usuários reais são difíceis e caros para serem recrutados (ROCHA e BARANAUSKAS, 2003).

Os métodos de inspeção se destacam por identificarem e analisarem a usabilidade com a finalidade de apresentarem recomendações que auxiliem a eliminar os problemas e melhorar a qualidade da *interface* (PRATES e BARBOSA, 2003).

Estes métodos podem variar de informal a bastante formal, mas tem em comum o fato de apresentarem resultados analisáveis, segundo critérios estabelecidos. Eles podem ser aplicados em fases iniciais ou em sistemas já implementados, e o resultado consiste de relatórios formais dos problemas identificados com recomendações para mudanças (CHAN e ROCHA, 1996). Para utilizar esses métodos é necessário pelo menos uma das seguintes características aos avaliadores: conhecimento do domínio, experiência em projetos de *interfaces* e/ou experiência em um tipo de avaliação (PRATES e FIGUEIREDO, 2003).

Dentre os métodos de inspeção existentes, destacam-se:

- A) Avaliação Heurística: nesta técnica, a inspeção da *interface* tem como base uma lista de heurísticas de usabilidade, como por exemplo, as heurísticas de Nielsen. Os avaliadores percorrem então a *interface* realizando anotações sobre os problemas encontrados baseados nesta lista. Nas anotações devem ser descritos: o problema, o erro, como o problema foi encontrado, sua classificação em relação ao escopo, frequência de ocorrência, e gravidade do problema (CHAN e ROCHA, 1996). Após a avaliação pode ocorrer uma discussão livre e deve ser realizada a consolidação dos problemas encontrados (DIAS, 2007 *apud* MODESTO, 2009).
- B) Revisão de Guidelines: nesta técnica utiliza-se uma lista de referências de usabilidade para verificar a inspeção da *interface*. Os guias consistem em publicações (artigos, livros, dentre outros) com recomendações de usabilidade, muitas vezes baseadas nas práticas e experiências dos autores (DIAS, 2007 *apud* MODESTO, 2009).
- C) Inspeção de Consistência: o avaliador verifica a consistência dentro de uma família de *interfaces*, quanto à terminologia, cores, layout, formatos de entrada e saída, e tudo o mais dentro da *interface*. É realizada por meio de uma reunião com a equipe de desenvolvedores, que debatem as melhores características a serem mantidas e propagadas aos sistemas (DIAS, 2007 *apud* MODESTO, 2009).

- D) Percurso Cognitivo: o objetivo desta técnica é facilitar a aprendizagem. Pra isso, o avaliador simula o “caminho” que o usuário percorre para realizar as tarefas na *interface* (DIAS, 2007 *apud* MODESTO, 2009).
- E) Percurso Pluralístico: nesta técnica um grupo de participantes deve simular a execução de tarefas utilizando painéis com cópias da *interface*, relatando o que faria caso estivesse interagindo realmente com ela. Os painéis são apresentados na ordem em que seriam exibidos se a *interface* realmente fosse utilizada no sistema (ALMEIDA, 2005 *apud* MODESTO, 2009).
- F) Inspeção baseada em padrões: nesta técnica a análise é realizada segundo as recomendações de órgãos normativos como, por exemplo, ISO (International Organization for Standardization). Normalmente esse tipo de análise é realizado em fases intermediárias do projeto para validá-lo. É um método que não considera o contexto de uso, logo é recomendável utilizá-lo em conjunto com outras técnicas (DIAS, 2007 *apud* MODESTO,2009).
- G) Inspeção baseada em taxonomia: consiste em inspecionar a *interface* avaliando pontos positivos e negativos, segundo uma taxonomia desenvolvida, como por exemplo, a proposta por Ferreira e Leite (FERREIRA e LEITE, 2003).
- H) Inspeção baseada em modelos *Markovianos*: consiste em inspecionar a *interface* com base em modelos matemáticos, mas especificamente os modelos *Markovianos*. Como benefício deste método, pode-se citar a possibilidade de se avaliar a usabilidade de uma *interface* tanto em fase inicial (pré-projeto) quanto em fase de projeto (PENEDO *et al*, 2011, PENEDO *et al*, 2012).

3.2.1.3 Integração de Métodos para Avaliação da Usabilidade

Dentre as diversas técnicas e métodos a serem utilizados na avaliação de *interfaces*, é recomendável escolher o que apresente o raio de abrangência mais extenso no tocante aos objetivos da avaliação. Quando um único método ou técnica é incapaz de preencher todos os requisitos ao propósito almejado, é aconselhável a integração de dois ou mais métodos complementares, conforme a conveniência, de modo que os resultados fornecidos por um deles substancie os fornecidos pelos demais (QUEIROZ, 2001).

Os resultados obtidos das avaliações de *interfaces* usando o método de inspeção baseado em modelos *Markovianos* são quantitativos e podem ser úteis quando o objetivo é apresentar informações como indicadores numéricos a indivíduos como

empresários, gerentes de produção, administradores. Por outro lado, informações qualitativas são geralmente mais úteis quando o objetivo é apresentar resultados para indivíduos que lidam diretamente com o desenvolvimento do produto, e.g., projetistas, analistas de sistemas, especialistas em fatores humanos. Nestes casos, os resultados apresentados na utilização do método de inspeção baseado em taxonomia são bons.

O objetivo deste trabalho de pesquisa é realizar uma avaliação da usabilidade utilizando a inspeção baseada em modelos *Markovianos*. No entanto, verificou-se a necessidade de apresentar dados mais completos nos relatórios finais da avaliação para que possam ser utilizados como instrumento de argumentação e meio de persuasão no processo de tomada de decisão sobre as alterações necessárias em todas as áreas e, por isso, optou-se por realizar a integração dos resultados do modelo *Markoviano* com a inspeção baseada em taxonomia.

Abaixo os dois métodos de inspeção são apresentados com maiores detalhes. Em primeiro lugar será discutida a inspeção baseada em taxonomia e, em seguida, a inspeção usando os modelos *Markovianos*.

3.2.2 Inspeção Baseada em Taxonomia

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 orientação da 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) com a finalidade de sistematizar o processo de definição desses requisitos e de reduzir os problemas de usabilidade (Tabela 3.1). Essa taxonomia divide os requisitos de usabilidade em dois grupos: requisitos relacionados à exibição da informação e requisitos relacionados à entrada de dados. A seguir serão discutidos esses requisitos em detalhes.

Tabela 3.1: Taxonomia dos RNF de usabilidade (FERREIRA e LEITE, 2003)

Requisitos Relacionados à Exibição da Informação	Requisitos Relacionados à Entrada de Dados
A) Consistência B) <i>Feedback</i> C) Níveis de Habilidade e Comportamento Humanos 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) Mecanismos de Ajuda B) Prevenção de Erros C) Tratamento de Erros

3.2.2.1 Requisitos relacionados à exibição da informação

A informação apresentada não pode estar inteligível ao usuário, para tal é importante que as informações sejam apresentadas de forma completa para os usuários no momento em que solicitadas. São requisitos de exibição da informação:

A) *Consistência*

A consistência é um dos dez princípios fundamentais de usabilidade desenvolvidos por Nielsen (NIELSEN, 2000) e sugere que as telas do sistema devem seguir um padrão, com ícones, ações e linguagem semelhantes (AFONSO e ROBERTA, 2010). A consistência reduz a frustração provocada por comportamentos inesperados.

A avaliação de consistência é dividida em 5 subgrupos, conforme apresentado nos itens que se seguem (FERREIRA e NUNES, 2008).

- *Apresentação Visual* - Nesta etapa é avaliada se a instrução apresentada em uma tela segue a mesma apresentação, codificação e comportamento também nas outras telas.
- *Uso adequado da combinação de cores* - Outro subgrupo importante que influencia na consistência é o apropriado contraste de cores. Muitas vezes a combinação de cores utilizadas pode se tornar um incômodo aos olhos dos leitores. As cores transmitem mensagens e influenciam no humor das pessoas, devido às sensações que elas transmitem. A cor está muito ligada aos sentimentos e comportamentos das pessoas, e varia de acordo com o contexto em que elas são aplicadas (MARTINS, 2007). O uso inadequado

de uma cor pode acarretar em ineficiência na conclusão de tarefas ou em perda de produtividade. Uma *interface* que faz o uso da cor inadequada ao contexto pode acarretar em ineficiência na conclusão das tarefas por parte dos usuários, ou em uma perda de produtividade (AZEVEDO *et al*, 2007).

- *Comportamentos inesperados* - Comportamentos diferentes do esperado e, logicamente, incompreensíveis podem causar frustração e abandono do usuário. Comportamentos coerentes evitam erros e facilitam a aprendizagem do usuário (NIELSEN, 2000).
- *Uso de diversos nomes ou ícones para um mesmo assunto* – Nomes ou ícones diferentes que executam ações semelhantes no sistema.
- *Uso de um mesmo nome ou ícone para funções diferentes* – Utilização de um mesmo nome ou ícone para executar ações diferentes no sistema.

B) Feedback

Deve ser indicado através do retorno das ações realizadas, dos resultados obtidos e principalmente da rapidez com que esta resposta é dada. Com isso, a sensação de erro diminui, melhorando a experiência do usuário (KULPA e PINHEIRO, 2011). O tempo de espera pelo retorno das informações solicitadas é fator crítico de usabilidade (FERREIRA e NUNES, 2008).

C) Níveis de Habilidade e Comportamento Humano

O objetivo de desenvolver produtos agradáveis esta principalmente na experiência que estes proporcionaram ao usuário ou em como o usuário se comportará ao utilizar o sistema (PREECE *et al*, 2005). É fundamental levar em consideração o tipo de formação e o meio social dos usuários do sistema. É importante identificar e compreender o grupo. Variações de personalidade e comportamento influem diretamente no sucesso de um sistema.

D) Percepção Humana

O sistema deve ser planejado de forma a facilitar o processamento de informações pelo usuário. Quanto menor a exigência de conhecimentos específicos para que o usuário interaja com o sistema, melhor a aceitação do usuário no uso desse sistema. A *interface* deve ser projetada para comportar os diversos tipos de usuários (PRESSMAN, 2004 *apud* FERREIRA e NUNES, 2008).

E) Metáforas

As metáforas de *interfaces* seguem o mesmo princípio das metáforas linguísticas de uso comum. O usuário ao ver o ícone de uma lixeira na *interface*, saberá que ali se encontram ou podem ser encontrados os arquivos que já não são importantes e podem ser descartados, assim como ocorre com uma lixeira no seu contexto real. No entanto, o uso de metáforas que não se adequam ao contexto atual ou que são de complicada explicação pode causar erros de usabilidade (KULPA e PINHEIRO, 2011).

F) Minimização da Carga de Memória

Este critério está a serviço principalmente de usuários iniciantes, os quais podem encontrar dificuldades para filtrar a informação de que necessitam em uma tela carregada. Deve-se reduzir ao mínimo o esforço exigido do usuário para memorizar as características da *interface*. Para eles, a carga de memorização deve ser minimizada (CYBIS, 2007).

G) Eficiência no Diálogo, Movimento e Pensamentos

A apresentação do sistema deve ser coerente e proporcionar ao usuário a utilização de um modelo mental correto (NORMAN, 1990 *apud* FERREIRA e NUNES, 2008). Em uma *interface*, deve-se levar em conta a distância entre cliques do mouse na realização de determinadas tarefas.

H) Classificação Funcional dos Comandos nos Menus

Os comandos apresentados nos menus do sistema devem possuir uma classificação funcional, ou seja, as diversas ações devem ser devidamente representadas na *interface*, de forma que possuam uma organização eficiente para estabelecer diálogos objetivos, que não levem o usuário a percorrer desnecessariamente partes do sistema para realizar as operações que pretende.

I) Manipulação Direta

A manipulação direta é caracterizada pela interação do usuário com a *interface* através de ações físicas. O usuário deve se sentir no controle do objeto representado.

J) Exibição apenas da Informação Relevante

O usuário, ao interagir com a *interface* do sistema, deve visualizar somente as informações que lhe são relevantes naquele determinado contexto de uso. Do contrário pode se sentir confuso, não realizando as tarefas propostas.

K) Uso de Rótulos, Abreviações e Mensagens Claras

Os significados de rótulos e abreviações devem ser claros para o usuário, levando-se em consideração o meio nos quais as pessoas estão inseridas. É preciso ter cuidado para não utilizar rótulos, abreviações ou mensagens ambíguas.

L) Uso Adequado de Janelas

As janelas dentro do sistema devem ser expostas, de modo que o usuário ao acessar várias ao mesmo tempo, possua uma visão ao menos parcial do que cada uma exibe.

M) Projeto Independente da Resolução do Monitor

O sistema deve ser desenvolvido para ser utilizado independente da resolução de monitor que o usuário venha a utilizar.

3.2.2.2 Requisitos relacionados à entrada de dados

Um sistema deve ser construído pensando em aperfeiçoar ao máximo o tempo que o usuário gasta com suas tarefas ao utilizá-lo. Os requisitos relacionados à entrada de dados visam tornar a *interface* mais poderosa quando ocorre a entrada de informações no sistema (PRESSMAN, 2004 *apud* FERREIRA e NUNES, 2008).

A) Mecanismo de ajuda

Para que o usuário possa obter informações rapidamente, devem ser disponibilizados mecanismos de ajuda que facilitem o aprendizado ao manusear o sistema, auxiliando o preenchimento na entrada de dados. Isto agiliza o trabalho por possibilitar ao usuário a resolução de dúvidas sem precisar recorrer ao sistema de ajuda textual.

B) Prevenção de erros

Um sistema bem projetado deve evitar que seus usuários possam provocar erros, provendo maneiras de evitar os erros antes que eles aconteçam.

C) Tratamento de erros

Caso ocorra algum erro, o sistema deve estar preparado para corrigi-lo rapidamente, evitando perda na produtividade.

3.2.3 Inspeção usando Modelos *Markovianos*

A utilização dos resultados de uma cadeia de *Markov* para a avaliação da usabilidade foi proposta em 2001 por THIMBLEBY *et al* (2001). Os autores utilizaram essa técnica como forma de coleta de informações para propor uma ferramenta de avaliação de usabilidade em dispositivos como forno de microondas e telefones celulares, antes da geração de um protótipo.

Em sistemas Web, muitas vezes é difícil prever com exatidão os resultados de um processo ou experiência. No entanto, se esse processo ou experiência for repetido um grande número de vezes, é possível obter regularidades que permitem a formulação de leis matemáticas, cuja base trata dos conceitos de probabilidades e modelagem estatística. Os modelos estatísticos procuram caracterizar os processos quantitativos de uma amostra de dados. Dentre os processos estatísticos, os processos estocásticos são usados para descrever os sistemas suscetíveis à ocorrência de fenômenos que evoluem de acordo com o tempo (RODRIGUES e CARVALHO, 2012).

Dentre os processos estocásticos, os modelos de *Markov* merecem atenção devido à facilidade de cálculo matemático e computacional e, devido à sua propriedade de *memoryless*: o comportamento futuro do processo é independente do comportamento passado do processo (RODRIGUES e CARVALHO, 2012).

Os processos estocásticos podem ser classificados em termos dos valores que podem assumir, assim como em termos dos instantes de tempo em que podem sofrer mudanças. A probabilidade busca avaliar a ocorrência de fenômenos ou experimentos aleatórios que podem ocorrer em um espaço amostral ou conjunto de resultados possíveis do experimento aleatório (SOARES e SIQUEIRA, 2006). O espaço amostral pode ser finito (discreto) ou infinito (não discreto). Um espaço amostral é discreto quando seu valor for contável e é contínuo (não discreto) quando seu valor é incontável. Ao valor associado aos eventos ocorridos no espaço amostral dá-se o nome de *variável aleatória* ou *variável estocástica*. Uma variável aleatória é, portanto, uma função do espaço amostral para a qual é possível calcular a probabilidade de ocorrência de seus valores (SOARES e SIQUEIRA, 2006).

O comportamento da variável e toda a informação sobre ela pode ser obtida da função de distribuição. A probabilidade de uma variável aleatória discreta assumir um

dos valores contidos no seu espaço amostral é definida pela sua função massa de probabilidade (fmp), dada pela equação 3.1 abaixo.

$$P [X = a] = p(a) \quad (3.1)$$

Isto significa que a probabilidade de X assumir o valor a é igual a $p(a)$. Naturalmente que a soma das probabilidades de todos os possíveis valores de X é 1. A “função de distribuição acumulada” ou “FDA” é a função que representa as probabilidades acumuladas de x até o valor a , conforme equação 3.2.

$$F(a) = \sum_{\forall x \leq a} p(x) \quad (3.2)$$

A variável aleatória não-discreta ou contínua é caracterizada pela função densidade de probabilidades $f(x)$ (equação 3.3), onde:

$$P[a \leq X \leq b] = \int_a^b f(x)dx \quad (3.3)$$

A função de distribuição acumulada de uma variável aleatória contínua é definida pela equação 3.4.

$$P[X < a] = P[X \leq a] = F(a) = \int_{-\infty}^a f(x)dx. \quad (3.4)$$

3.2.3.1 Modelos de *Markov*

O modelo *Markoviano* é um modelo estocástico que possui parâmetros observados e que, apesar de não ser possível prever precisamente os valores que assumirão no futuro, gera a possibilidade de avaliar as probabilidades associadas a tais valores (HAAN, 1997). Eles podem ser utilizados para representar sistemas nos quais ocorrem mudanças ou transições entre estados, isto é, onde a ocorrência de uma ação marca a transição de um estado n para um próximo estado $n + 1$ e onde o estado anterior é irrelevante para a predição dos estados seguintes (KITAJIMA *et al*, 2005, BOOCH, 1994).

A transição entre estados é feita de acordo com uma probabilidade que depende apenas do estado de origem e do estado de destino. No caso dos modelos *Markovianos* de tempo discreto (também chamados de cadeia de *Markov*), o tempo de permanência em cada estado segue uma distribuição geométrica. No caso de um processo de *Markov* em tempo contínuo, o tempo de permanência num estado segue uma distribuição

exponencial. Um processo *Markoviano* pode ser representado por diagramas de fluxo, onde os nós representam os estados e os arcos representam as transições entre esses estados no tempo (KLEINROCK, 1975).

Considerando apenas os modelos *Markovianos* de tempo discreto, é possível fazer algumas observações sobre a avaliação de desempenho dos mesmos. É possível ainda estender esses conceitos para os modelos *Markovianos* de tempo contínuo.

É importante definir a distribuição de probabilidades para o estado inicial, ou seja, definir as probabilidades iniciais de cada estado do sistema (início da observação). O vetor $\pi(0)$ representa esta distribuição e é definido pela equação 3.5.

$$\pi(0) = [\pi_0(0), \pi_1(0), \pi_2(0), \dots] \quad (3.5)$$

onde $\pi_i(0)$ representa a probabilidade de o sistema estar no estado i no início do tempo de observação.

O símbolo p_{ij} é usado para representar a probabilidade de que, dado que o sistema está no estado i em certo momento, ele passe para o estado j no intervalo de tempo seguinte. Portanto, p_{ij} representa as probabilidades de transição do modelo de *Markov* do estado i para o estado j . A possibilidade de ir de um estado i para um estado j pode ser demonstrada através da matriz de probabilidades de transição, onde cada linha da matriz soma uma unidade, ou seja, a soma de todas as probabilidades possíveis do evento ocorrer deve ser igual a 1. A equação 3.6 representa a matriz de probabilidades de transição com k estados.

$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} P_{1,1} & P_{1,2} & \dots & P_{1,k} \\ P_{2,1} & P_{2,2} & \dots & P_{2,k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{k,1} & P_{k,2} & \dots & P_{k,k} \end{pmatrix} \quad (3.6)$$

Considerando que \mathbf{P} é a matriz de probabilidades de transição entre os estados do sistema, podem-se calcular as probabilidades dos estados após n transições usando a equação 3.7 (KLEINROCK, 1975).

$$\pi(n) = \pi(n-1) \mathbf{P} \quad (3.7)$$

Quando a cadeia é irredutível (todos os estados podem ser alcançados a partir dos demais) e o número de transições tende a infinito ($n \rightarrow \infty$), tem-se o vetor das

probabilidades estacionárias de uma cadeia irreduzível, que é representado pela equação 3.8.

$$\pi = \pi P \quad (3.8)$$

onde, $\pi = [\pi_0, \pi_1, \pi_2, \dots]$. Isto significa que, após um período muito longo de observação, espera-se encontrar o sistema no estado i com probabilidade π_i .

3.2.3.2 Processos de Decisão de *Markov*

Os processos de decisão de *Markov* podem ser usados para modelar sistemas com vários estados, com ações que (possivelmente) modificam o estado e o resultado do sistema de cada ação executada (PUTTERMAN, 1994).

Em processos de decisão *Markovianos* as transições entre estados são probabilísticas e cada ação tem uma recompensa (custo) que depende do estado onde o processo se encontra. Os processos obedecem à propriedade de *Markov* onde o efeito de uma ação em um estado depende somente da ação e do estado atual do sistema. Diferentemente das cadeias de *Markov*, os processos de decisão modelam a possibilidade de um agente (ou tomador de decisões) interferir periodicamente no sistema executando ações. Normalmente, um estado no processo de decisão de *Markov*, captura toda a informação relevante disponível para o processo de decisão do agente (PAPADIMITRIOU e TSITSIKLIS, 1987).

Se o processo está no estado i no instante n e a ação a é escolhida, então o próximo estado do sistema é determinado de acordo com a probabilidade de transição $P_{ij}(a)$.

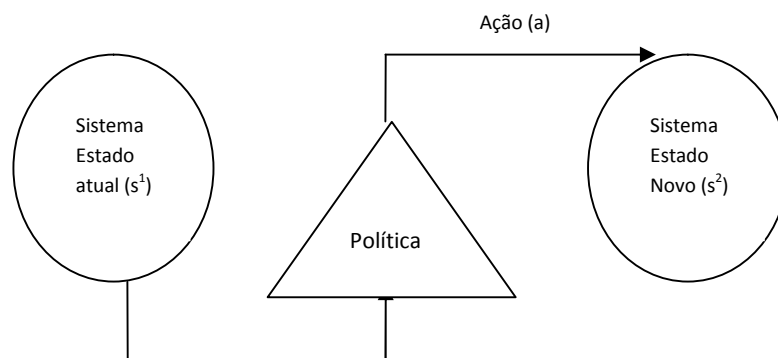


Figura 3.1 – Dinâmica do sistema modelado por processo *Markoviano* (JACOBSON, 1993)

A dinâmica de um sistema modelado por processos de decisão de *Markov* (Figura 3.1) toma por base que o agente, que (no contexto da Engenharia de Software é

identificado como ator) em dados momentos (épocas de decisão) e baseado na política do sistema (regras de negócio), pode executar uma ação capaz de alterar o estado do sistema (JACOBSON, 1993).

Outra notificação que deve ser levada em consideração são os eventos exógenos (eventos fora do controle do agente de decisão) capazes de causar transições no sistema, assim como uma ação. Esses eventos podem corresponder à evolução natural do processo ou às ações de outro agente (WILLANSON e HANKS, 1994). Para o propósito de prever as transições resultantes de uma tomada de decisão, esses eventos podem ser tratados como implícitos, onde os efeitos de uma ação executada por um agente em determinado estado onde também ocorra um evento exógeno são combinados e modelados como uma única ação.

Com relação à política do sistema, diz-se que ela é uma sequência de regras de decisão, onde as ações só dependam do estado do processo naquele instante e de nenhuma informação anterior. O termo ação pode ser representado como um “clique” de navegação que encaminham aos acessos do sistema (um botão de “OK”, um botão de “Voltar”, entre outros). A transição entre os estados de *Markov* é realizada na continuação da navegação após esse “clique”.

Sempre que necessário (época de decisão), o agente verifica a política do sistema e determina a próxima ação. A Figura 3.2 ilustra a dinâmica de funcionamento de um sistema, com apenas dois estados, modelado através de uma máquina de estado. Nela, o evento gerado pelo tomador de decisões (que pode ser um usuário, um evento gerado pelo próprio sistema ou até mesmo um agente robótico) irá validar a política do negócio para executar ou não as ações que irão propiciar a mudança de estado do sistema. Entende-se por política do negócio o conjunto de regras de negócio que estão associadas à transição de um estado para o outro (WILLANSON e HANKS, 1994). Porém, é interessante ressaltar que a mudança de estado, conforme definido em (HAREL, 1987), somente será processada caso a política seja validada como verdadeira.



Figura 3.2. Modelo por Processo *Markoviano* (HAREL, 1987)

Logo, as probabilidades de transição são funções somente do estado presente e da ação subsequente. Outra notificação importante é que os eventos externos podem causar transições no sistema, assim como uma ação. Eventos podem corresponder à evolução natural do processo ou às ações de outros agentes/atores. Para o propósito de prever as transições resultantes de uma tomada de decisão, como no estudo de caso apresentado neste trabalho, esses eventos podem ser tratados como implícitos, onde os efeitos de uma ação executada por um agente/atores em determinado estado, onde também ocorra um evento externo, são combinados e modelados como uma única ação.

Sempre que necessário, o agente verifica a política e determina a próxima ação. Ao executar uma política, o agente recebe recompensas para cada época de decisão. Isto é feito pela definição de uma função valor. Através dela o agente/ator é capaz de julgar um comportamento bom ou ruim dependendo de seu efeito na trajetória do sistema (PAPADIMITRIOU e TSITSIKLIS, 1987).

3.2.3.3 Trabalhos Relacionados

DESHPANDE E KARYPIS (2004) utilizaram uma cadeia de *Markov* para prever o comportamento de usuários com vistas à avaliação da usabilidade no acesso a quatro tipos de bases de dados Web: duas bases de *e-commerce*, dados referentes a utilização de editores de texto Web e dados de usuários que utilizam telefonia IP. Na proposta dos autores, foram selecionadas partes do modelo de *Markov* gerado para reduzir a complexidade de se trabalhar com vários estados, focando na melhora da exatidão dos resultados.

Em 2005, KITAJIMA *et al* (2005) propuseram um método para avaliar quantitativamente a usabilidade da Enciclopédia *on-line* Encarta. Para isso, foi utilizado o método de inspeção de usabilidade conhecido como “Cognitive Walkthrough” (Percurso Cognitivo) integrado ao método de inspeção baseado em modelos de *Markov*. Os resultados mostraram que a utilização de cadeias de *Markov* fornece resultados simples e rápidos.

HAREL *et al* (2008) apresentaram a metodologia chamada de Sistema de Apoio a Decisão de *Interfaces* de Usuário para avaliar a usabilidade de *sites* Web baseada nos acessos dos usuários. A metodologia utiliza a combinação de cadeias de *Markov* e redes bayesianas para estimar e analisar as atividades dos usuários quando interagem com um *site* de *e-commerce*. O modelo se mostrou efetivo na melhora da usabilidade.

ENGELBRECH *et al* (2009) utilizaram cadeias de *Markov* para avaliar a satisfação dos usuários de um sistema de audio-conferência denominado “*Spoken Dialog System’s*”. A utilização de cadeias de *Markov* permitiu a avaliação do comportamento de diferentes usuários, levantando as características que afetam a usabilidade.

KITAJIMA *et al* (2005), THIMBLEBY *et al* (2001) e outros pesquisadores apontaram a vantagem em realizar inspeção de usabilidade baseada em modelos *Markovianos* como a possibilidade de se obter métricas que fornecem comparações quantitativas para uma rápida avaliação da usabilidade de um sistema. O cálculo das probabilidades de transição pode ser efetuado a partir da observação das transições de estado em um sistema real. Ou seja, pode-se considerar, por exemplo, as *interfaces* de um sistema como os estados de uma cadeia de *Markov* e as diferentes formas de navegação entre as páginas como probabilidades de transição.

PENEDO *et al* (2011) realizou uma inspeção de usabilidade baseada em modelos *Markovianos* em sistemas de EaD, utilizando-se dos critérios de GASSENFERTH *et al* (2008). O objetivo do trabalho foi contribuir na correta tomada de decisões relacionadas ao desenvolvimento do sistema e auxiliar nas propostas de melhoria a serem implementadas.

A proposta deste trabalho é dar continuidade as propostas listadas acima, avaliando a usabilidade de um sistema de EAD através de modelos de *Markov*, porém diferentemente deles, utiliza-se nesta proposta a integração deste método com o método de inspeção baseado em taxonomia.

4 Estudo de Caso 1: Pré-Projeto de Sistemas

Neste capítulo é apresentado o estudo de caso de um projeto para desenvolvimento de um sistema de EaD em uma empresa do setor privado. O objetivo é aplicar a inspeção baseada nos modelos *Markovianos*, mais especificamente usando processos de decisão, e verificar sua utilidade no estudo da usabilidade de sistemas de EaD ainda na fase de pré-projeto. Neste estudo de caso foram executadas avaliações em seis etapas:

1. Levantamento das necessidades iniciais do projeto;
2. Definição do *software* de EaD a ser utilizado;
3. Identificação das funções do sistema;
4. Transformação das funções do sistema em estados de *Markov*;
5. Verificação das ações do sistema de acordo com os estados levantados na etapa anterior;
6. Geração da matriz de transições entre os estados/ações.

A seguir será discutida cada uma dessas etapas com maiores detalhes.

4.1 Levantamento das Necessidades

O projeto visa a implantação de um sistema para disponibilizar cursos relacionados à área de informática para os funcionários de uma empresa privada através da modalidade de educação à distância. O levantamento das necessidades relacionadas ao projeto foi realizado com a participação da diretoria da empresa e dos desenvolvedores da área de informática. Os cursos abrangem seis classes de aula com turmas de níveis diversos. O sistema deve atender a todos os funcionários da empresa (cerca de 150), podendo ser acessado tanto dentro da empresa, quanto de qualquer ambiente conectado à internet. O

sistema proposto também deve contar com funcionalidades como *chat*, fórum, *e-mails*, *download* e *upload* de arquivos. Cada funcionário deverá possuir uma identificação para acessar o sistema, efetuar um teste ao final de cada aula e realizar provas ao final do curso.

4.2 Definição do Software

A empresa decidiu pela utilização de um *software* sem custos, licenciamento livre, e com suporte a diferentes plataformas operacionais. Para tal, foi identificado o *software* livre Moodle (MOODLE, 2011) como a ferramenta que se adequa aos requisitos apresentados. O Moodle é um sistema para cursos baseados na Web com recursos que viabiliza a gestão da aprendizagem e de trabalho colaborativo, permitindo a criação de aulas *on-line*, páginas de disciplinas, grupos de trabalho e comunidades de aprendizagem. Ele permite facilmente a comunicação e a criação de espaços virtuais de trabalho, ou seja, permite organizar e disponibilizar conteúdos, contribuindo para um padrão de qualidade superior, seja em contexto de sala de aula, seja a distância. Tecnicamente, funciona sobre vários tipos de sistemas operacionais, como Unix, Linux, Windows, MacOS e qualquer outro compatível com a linguagem PHP, o que torna possível sua hospedagem na maioria dos servidores. Necessita apenas de um Sistema Gerenciador de Bancos de Dados (SGBD), tais como MySQL, Oracle, Access e Interbase. Outro fator importante a ser ressaltado é o de que o Moodle tem versões em vários idiomas, incluindo o português.

4.3 Identificação das Funções do Sistema

A terceira etapa dessa pesquisa consistiu em identificar as regras ou funções que o sistema disponibilizará aos usuários (Tabela 4.1). Essas funções foram definidas pelo setor de informática da empresa e aprovadas por sua diretoria.

Tabela 4.1. Regras que definem o sistema proposto

REGRAS
Por questões de segurança exigir um <i>login</i> do usuário
Apresentar ao usuário os cursos disponíveis
Fornecer acesso direto ao <i>e-mail</i> através da própria ferramenta
Permitir que o usuário apresente suas dúvidas e contribuições através do fórum do sistema

Permitir que o usuário, sempre que solicitado, efetue <i>download</i> de informações
Permitir que o usuário, sempre que solicitado, efetue <i>upload</i> de informações
Permitir que o usuário o usuário realize as provas através da ferramenta
Obrigar o usuário, ao final de cada aula, realizar um teste de múltipla escolha

4.4 Transformação das Funções em Estados *Markovianos*

A partir das regras definidas para o projeto foi possível identificar os estados do sistema. O quadro da Tabela 4.2 apresenta as regras do sistema transformadas em estados, assumindo-se para isso, uma matriz de estados finitos onde se considera que cada regra gerada é um estado do modelo.

Tabela 4.2. Funções do sistema a serem transformadas em estados

Funções	Descrição
<i>Login</i>	Efetuar a entrada no sistema
Cursos	Cursos disponíveis para escolha do usuário
<i>Email</i>	Acesso ao <i>email</i>
Fórum	Dúvidas e contribuições as aulas
<i>Download</i>	<i>Download</i> de arquivos
<i>Upload</i>	<i>Upload</i> de arquivos
Provas	Provas do curso
Teste	Testes ao final de cada aula
Aulas	Aulas em cada curso

A modelagem utilizando de *Markov* representa apenas o período de utilização do sistema pelo usuário, ignorando assim o período em que o usuário não está conectado (logado) ao sistema. A Figura 4.1 apresenta os nove estados identificados no pré-projeto do sistema em estudo.

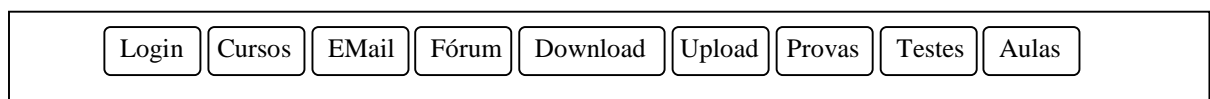


Figura 4.1. Estados do sistema

4.5 Levantamento das Ações no Sistema

Como se trata de um sistema em fase de pré-projeto, não é possível ter a certeza dos resultados de cada ação executada, pois não se conhece ainda o comportamento que o usuário terá ao utilizar o sistema.

Devido a isso, no estudo de caso em questão, foi necessária a utilização dos processos de decisão de *Markov*. Nos processos de decisão, a modelagem é efetuada

tomando por base que um agente de decisão pode interferir no sistema de acordo com as ações disponíveis para gerar as possíveis transições entre os estados. Isto significa que as transições entre os estados da cadeia de *Markov* ocorrerão de acordo com as ações definidas pelo agente tomador de decisão. O agente tomador de decisões pode ser, por exemplo, o projetista, uma pessoa indicada pela diretoria ou um especialista em usabilidade. No caso em estudo, esse papel ficou com um especialista em usabilidade da área de informática da própria empresa.

Com base nos processos de decisão de *Markov*, um primeiro conjunto de ações (Tabela 4.3) foi elaborado usando as regras definidas pela diretoria da empresa e explicitadas na Tabela 4.2 para o agente tomador de decisões.

Tabela 4.3. Quadro da sequência de ações para o agente tomador de decisões

Estado	Sequência de Ações
<i>Login</i>	Colocar o nome Colocar a senha Clicar em OK Abrir <i>link</i> para curso
<i>Cursos</i>	Escolher o curso Abrir <i>link</i> para aula
<i>Email</i>	Ler <i>email</i> Responder <i>email</i> Encaminhar <i>email</i> Apagar <i>email</i>
Fórum	Ler mensagens Postar mensagens
<i>Download</i>	Escolher <i>download</i> Baixar arquivo
<i>Upload</i>	Submeter arquivo
Provas	Submeter prova
Teste	Submeter teste
Aulas	Escolher a aula que deseja assistir

4.6 Geração do Diagrama de Transição entre Estados

O diagrama de transição de estados do sistema da Figura 4.2 foi obtido de acordo com a sequência de ações especificadas na Tabela 4.3.

Em uma primeira verificação é possível notar que, a partir do estado *Login*, o processo é diretamente direcionado para o estado *Cursos*. A probabilidade do sistema ir de *Login* a *Cursos* é calculada utilizando $p_{ij}(a)$, explicitada no Capítulo 3, onde a é a ação do tomador de decisões (abrir o link *Cursos*), o estado inicial i do sistema é *Login* e o estado seguinte j é *Cursos*.

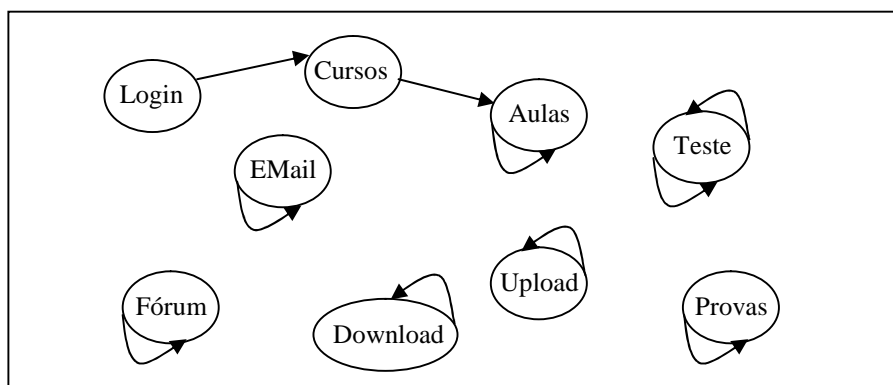


Figura 4.2. Diagrama de estados (Modelo 1)

Do estado *Cursos*, o usuário também é encaminhado diretamente ao estado *Aulas*. Isso ocorre porque na sequência de ações apresentadas na Tabela 4.3, o estado *Cursos* somente possui *link* de saída para o estado *Aulas*.

Nesse momento, é possível identificar que nos estados *Email*, *Fórum*, *Download*, *Upload*, *Provas* e *Teste*, as entradas e saídas ocorrem somente para o próprio estado. Dessa forma, não ocorrem transições desses estados para os outros estados do sistema, ou seja, quando o usuário se encontrar nesses estados, ele somente poderá permanecer nos mesmos. Isso representa um claro problema de usabilidade do sistema: o usuário que está utilizando o sistema não teria alternativa de navegação após acessar estes *links*.

No estado *Aulas*, são recebidas as requisições provenientes do estado *Cursos*, seguindo a regra contida na política definida. No entanto, não existe definição de saída e a probabilidade que o usuário permaneça no estado é de 100%. Mais uma vez nota-se uma falha de usabilidade: o usuário não tem alternativa para sair do estado *Aulas*.

Uma modificação no desenvolvimento do sistema, como colocar *links* após a entrada do sistema (*Login*), permite acesso aos demais estados e modifica o modelo. Uma possível melhoria na proposta do sistema é mostrada na Tabela 4.4.

Tabela 4.4. Nova sequência de ações (Modelo 2)

Estado	Sequência de Ações
<i>Login</i>	Colocar o nome Colocar a senha Clicar em OK Abrir <i>link</i> para curso
<i>Cursos</i>	Escolher o curso Abrir <i>link</i> para aula Abrir <i>link</i> para <i>Email</i> Abrir <i>link</i> para Fórum Abrir <i>link</i> para <i>Download</i>

	Abrir <i>link</i> para <i>Upload</i> Fazer <i>logoff</i>
<i>Email</i>	Ler <i>email</i> Responder <i>email</i> Encaminhar <i>email</i> Apagar <i>email</i> Voltar a Curso
Fórum	Ler mensagens Postar mensagens Voltar a Curso
<i>Download</i>	Escolher <i>download</i> Baixar arquivo Voltar a Curso
<i>Upload</i>	Submeter arquivo Voltar a Curso
Provas	Submeter prova
Testes	Submeter teste
Aulas	Escolher que aula deseja Voltar a Curso

A transição do estado *Login* para o estado *Cursos* continua em 100% (como orientam as regras definidas na Tabela 4.1). No entanto, os outros estados do sistema sofreram alterações. A Figura 4.3 apresenta o diagrama com as novas transições entre os estados de acordo com as modificações propostas.

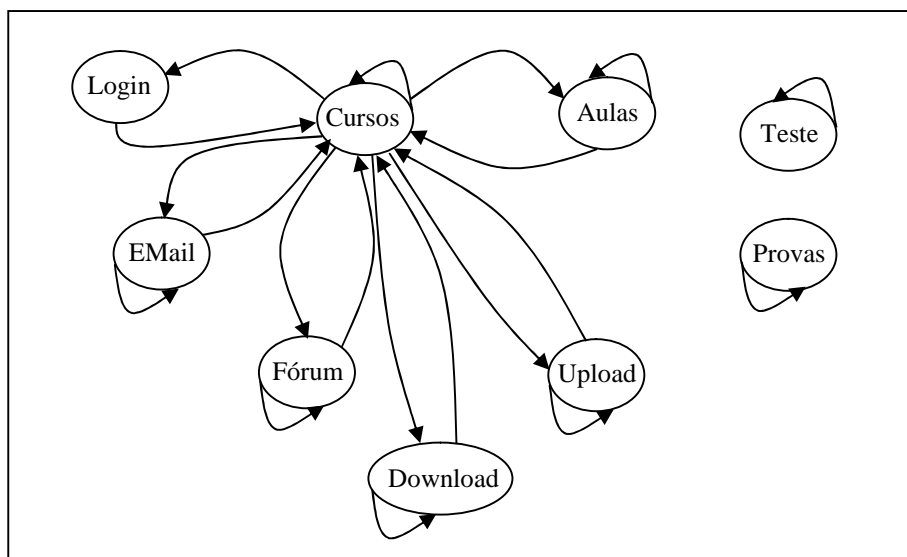


Figura 4.3. Diagrama de estados (Modelo 2)

Note que agora os demais estados possuem um *link* de saída (normalmente para o estado *Cursos*) corrigindo as falhas de usabilidade encontradas no modelo anterior. No entanto, o estado *Teste* e o estado *Provas* continuam não recebendo acessos de outros estados, ou seja, essas funções estão isoladas das demais funções do sistema. Segundo as regras definidas, o aluno é obrigado a efetuar um teste ao final de cada aula. Logo,

uma melhoria na usabilidade seria a inclusão de um *link* no estado *Aulas* para o estado *Teste*. Com mais essa alteração é gerado um novo modelo para avaliação. A nova sequência de ações é mostrada na Tabela 4.5.

Tabela 4.5. Nova sequência de ações (Modelo 3)

Estado	Sequência de Ações
<i>Login</i>	Colocar o nome Colocar a senha Clicar em OK
Cursos	Escolher o curso Abrir <i>link</i> para aula Abrir <i>link</i> para <i>Email</i> Abrir <i>link</i> para Fórum Abrir <i>link</i> para <i>Download</i> Abrir <i>link</i> para <i>Upload</i> Fazer <i>logoff</i>
<i>Email</i>	Ler <i>email</i> Responder <i>email</i> Encaminhar <i>email</i> Apagar <i>email</i> Voltar a Curso
Fórum	Ler mensagens Postar mensagens Voltar a Curso
<i>Download</i>	Escolher <i>download</i> Baixar arquivo Voltar a Curso
<i>Upload</i>	Submeter arquivo Voltar a Curso
Provas	Submeter prova Voltar a Curso
Testes	Submeter teste Voltar a Curso
Aulas	Escolher que aula deseja Abrir <i>link</i> para Provas Abrir <i>link</i> para Testes

Na matriz das ações geradas pelo modelo é possível verificar as mudanças referentes aos estados *Teste* e *Provas* que agora possuem *links* de entrada. Aparentemente o sistema agora apresenta navegabilidade total entre seus *links*. Além disso, pode-se afirmar que o uso do modelo impediu problemas de usabilidade no desenvolvimento do sistema (Figura 4.4).

Uma das vantagens em utilizar a modelagem a partir de *Markov* é a capacidade estatística que os resultados oferecem. Rapidamente foi possível gerar três modelos que simulam o comportamento de usuários em um sistema de EaD utilizando os processos de decisão de *Markov*. Durante a elaboração dos modelos foram encontradas falhas de usabilidade que puderam ser corrigidas, reduzindo assim o custo de implementação. É

possível gerar quantos modelos fossem necessários para o agente tomador de decisões, que neste caso específico é um especialista em usabilidade. Portanto, a utilização de processos de decisão *Markovianos* mostra ser uma boa ferramenta para avaliação de usabilidade em pré-projeto de sistemas. A questão agora é descobrir se o uso de modelos *Markovianos* é também eficiente para avaliar a usabilidade de sistemas já implementados. Este é o escopo do próximo capítulo deste trabalho.

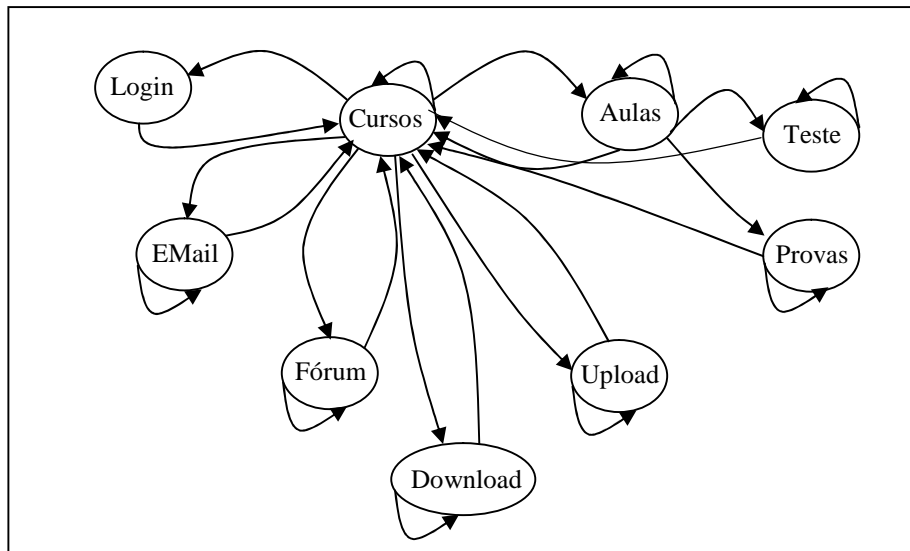


Figura 4.4. Diagrama de estados (Modelo 3)

5 Estudo de Caso 2: Sistema implementado

Para o desenvolvimento deste estudo de caso foram utilizadas as informações do *log* de acessos dos usuários da Plataforma CEDERJ (CEDERJ, 2011). O estudo se deu em três etapas descritas abaixo.

- Coleta, análise e avaliação dos dados - nessa fase foram coletados e analisados os dados referentes aos acessos de todos os usuários de todos os cursos oferecidos na plataforma. Para uma melhor avaliação, os dados foram separados por curso, mês e ano;
- 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 e/ou serviços oferecidos no ambiente de EaD;
- Transformações das funções do sistema em estados da cadeia de *Markov* - depois de identificadas as funções, as mesmas foram transformadas em estados de acordo com a definição dos modelos *Markovianos*, foram calculadas as probabilidades de transição entre os estados e gerada a matriz de probabilidades e o diagrama de transições.

5.1 Coleta, Análise e Avaliação dos dados

Nesta etapa foram avaliados os dados de todos os usuários que acessaram o sistema da Fundação CECIERJ/Consórcio CEDERJ nos anos de 2010 e 2011.

A Fundação CECIERJ/Consórcio CEDERJ desenvolve projetos nas áreas de educação superior à distância e divulgação científica. A fundação foi oficialmente criada em Março de 2002, 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) objetivando oferecer educação superior gratuita e de qualidade, na modalidade à distância, para a sociedade fluminense. O consórcio atinge diretamente mais de 60 mil pessoas/ano residentes nos 92 municípios do Estado do Rio de Janeiro. Fora isso, também oferece a formação continuada de professores do ensino fundamental, médio e superior (CEDERJ, 2011). Ao longo dos anos, a ideia concretizou-se e expandiu, passando a servir como modelo para diversas outras instituições de ensino à distância, inclusive para a Universidade Aberta do Brasil (UAB).

A adesão ao programa UAB abriu espaço para melhorar a infraestrutura dos centros de apoio (pólos) distribuídos por todo o Estado. Na época de elaboração deste trabalho de pesquisa, o Cederj dispunha de 32 pólos em funcionamento (Figura 5.1).

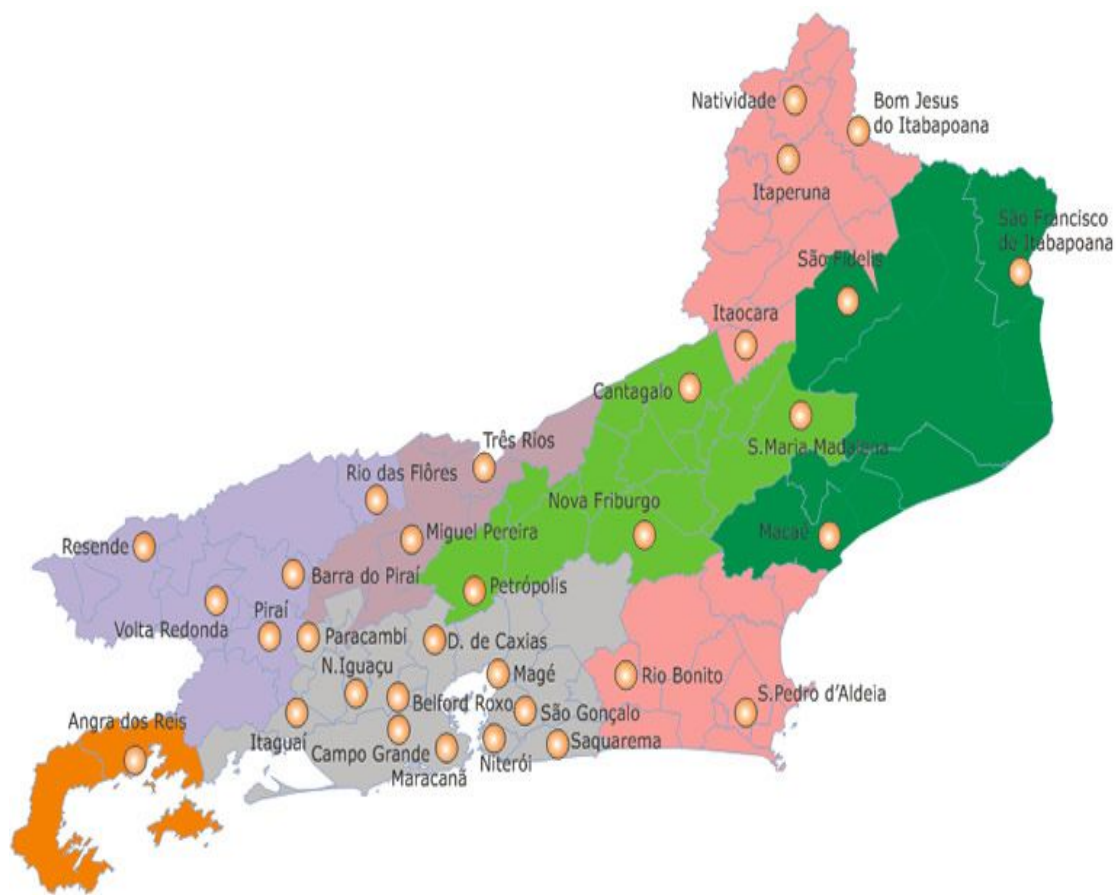


Figura 5.1. Mapa dos pólos do Cederj (CEDERJ, 2011)

O Consórcio Cederj reúne, além da Fundação CECIERJ, seis Universidades públicas e o CEFET RJ sediadas no Estado:

- Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ;

- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF;
- Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO;
- Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ;
- Universidade Federal Fluminense – UFF;
- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ.

Dentre os princípios básicos do Consórcio CEDERJ está a manutenção da qualidade de seus cursos, que apresentam o mesmo rigor acadêmico daqueles oferecidos de forma presencial nos campos das universidades consorciadas, inclusive no que diz respeito ao processo de avaliação de aprendizagem.

5.1.1 Plataforma CEDERJ

A plataforma CEDERJ é o ambiente virtual de aprendizagem (AVA) utilizada pelos cursos de graduação ofertados pelo consórcio CEDERJ.

A plataforma CEDERJ foi implementada de acordo com o documento de Referenciais da Qualidade do MEC e que tem como um dos princípios garantir a interatividade no processo de comunicação (MEC, 2007).

Desde a sua criação, a plataforma CEDERJ já apresentou diversas versões. Até 2011, a plataforma utilizava *software* proprietário desenvolvido pela equipe do CEDERJ. A partir de 2012, o CEDERJ passou a utilizar o sistema Moodle como ambiente de EaD, ficando a equipe de desenvolvimento responsável pela customização dessa ferramenta. Esse estudo utiliza dados de 2010 e 2011 da plataforma. Portanto, a discussão aborda as informações referentes à versão em uso na época.

Objetivando melhor compreensão do ambiente estudado, a seguir são detalhadas algumas das telas da plataforma proprietária do CEDERJ. Foram escolhidas *interfaces* que mostram a adequação do sistema aos Referenciais de Qualidade do MEC.

Logo após efetuar *login* na página inicial, o usuário é apresentado a recursos acadêmicos como: notícias do curso, notícias do pólo, informações sobre o CEDERJ (Figura 5.2). Segundo o MEC, é importante que a plataforma de EaD apresente aos seus usuários um guia geral do curso, que permita aos alunos uma maior interatividade com as ferramentas disponibilizadas.

Para garantir a qualidade na interatividade entre professores, tutores e alunos a plataforma disponibiliza 81 ferramentas, como por exemplo: *E-mail*, *Blog*, Mural, Atendimento Telefonico, Avisos, Forum, *Wiki*, Calendário de Eventos, etc. Esses

serviços são destinados a aumentar a integração entre alunos, professores, tutores, coordenadores e pessoal da administração. Além disso, também existem as ferramentas para intermediar e auxiliar o aluno e o tutor como, por exemplo, o agendamento de tutorias, verificação de horários das tutorias presenciais e esclarecimento de dúvidas através da tutoria à distância também são disponibilizadas.



Figura 5.2. Página inicial da plataforma CEDERJ (CEDERJ, 2011)

Um item exigido nos Referenciais da Qualidade é a disponibilização dos locais e datas de provas para as diferentes atividades. Isto é disponibilizado pela plataforma conforme mostra a Figura 5.3.

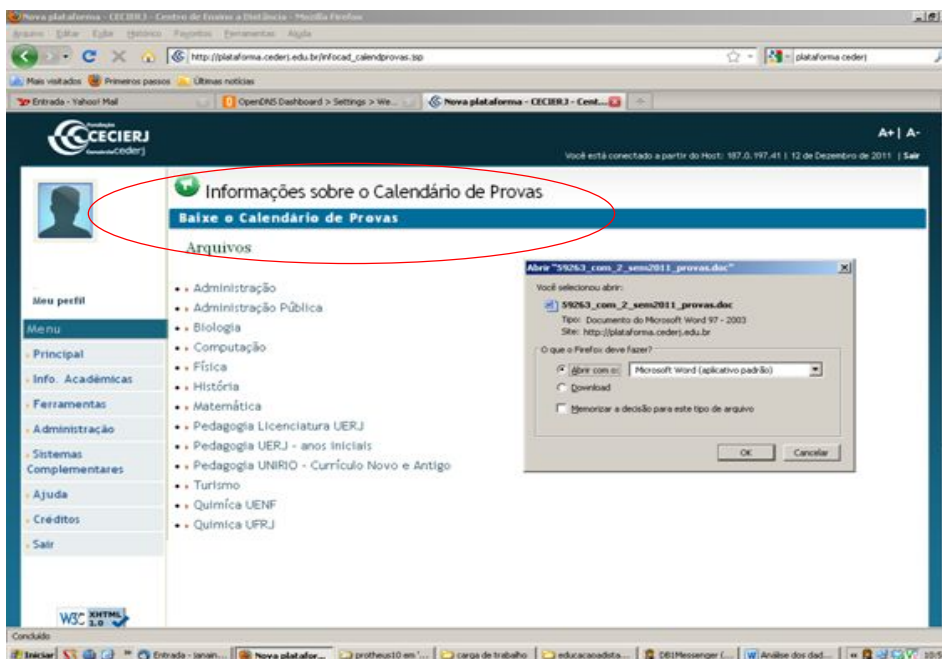


Figura 5.3. Calendário de provas (CEDERJ, 2011)

Outro item do documento de Referenciais da Qualidade disponibilizado na plataforma diz respeito ao espaço para os estudantes em órgãos colegiados de decisão. Isto é atendido pelo Cederj como mostra a Figura 5.4.

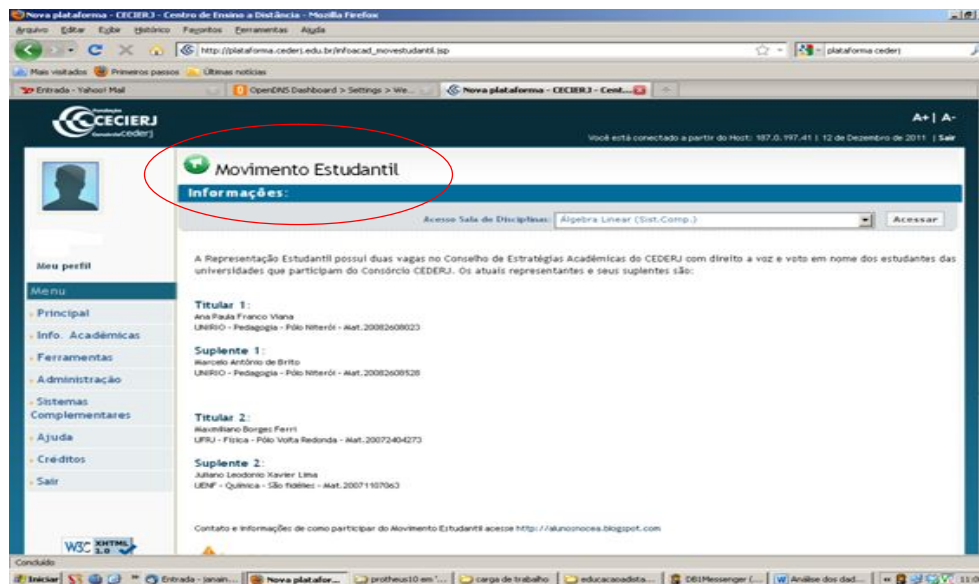


Figura 5.4. Movimento estudantil (CEDERJ, 2011)

No que diz respeito às exigências de Material Didático, a plataforma disponibiliza aos alunos as informações referentes às regras acadêmicas e à matriz curricular. A plataforma Cederj garante maior flexibilidade e diversidade aos usuários disponibilizando no sistema material para leituras complementares e vídeos-aula para auxiliar os usuários (Figura 5.5).

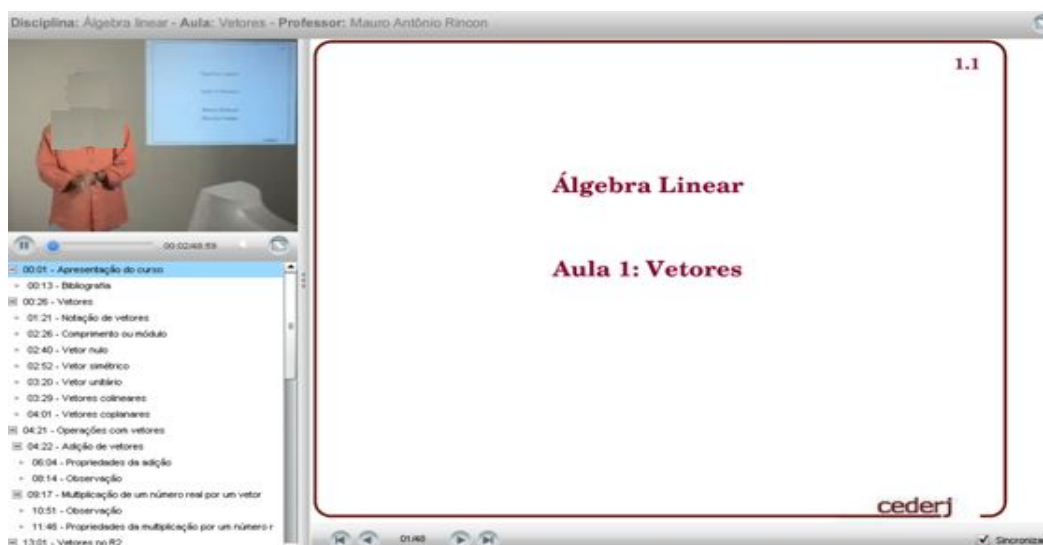


Figura 5.5. Video-aula (CEDERJ, 2011)

5.1.2 Dados Coletados

Foram coletadas as interações dos usuários do sistema na utilização da plataforma nos 10 cursos de graduação ofertados: matemática, ciências biológicas, pedagogia, física, computação, administração, química, licenciatura em pedagogia, história e turismo.

Na análise de *log* são verificadas as interações do usuário durante a utilização do sistema. Essa técnica permite coletar informações sobre como os usuários usam o sistema (WINCKLER, 2001). Os dados disponibilizados correspondem ao log de acessos e contém informações do primeiro semestre do ano de 2010 e do primeiro semestre do ano de 2011 em uma base de dados SQL. Um ponto que merece destaque ao se utilizar análise de *log* é o fato de que as informações obtidas a partir da aplicação dessa técnica geram dados estatísticos confiáveis relativos a várias questões, tais como padrões de uso, usabilidade de produtos, estratégias de integração e utilidade percebida de produtos que envolvam o uso de sistemas computacionais (QUEIROZ, 2001). A Tabela 5.1 lista algumas informações relevantes.

Tabela 5.1 – Dados referentes aos cursos no período analisado (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

Os usuários ativos no sistema correspondem a todos aqueles que se conectaram na plataforma no período analisado e sessão é o tempo correspondente ao intervalo de uma ação de *login* e uma ação de *logout* de um determinado usuário. Entende-se por requisição qualquer clique de *mouse* que solicite um serviço no sistema.

É possível verificar a partir dos dados mostrados na tabela acima:

- A taxa média de crescimento na utilização da plataforma (requisições) entre 2010 e 2011 foi acima de 150%;

- O crescimento dos usuários ativos foi em média de 16%;
- O mês de fevereiro, nos dois anos, foi o 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.

5.1.3 Análise dos Dados Coletados

Nesta etapa do estudo foram calculadas as diversas métricas para caracterizar o comportamento dos alunos quando acessam o sistema como, por exemplo, distribuição das requisições dos usuários no sistema nas 24 horas do dia e nos sete dias da semana, os serviços mais solicitados ao sistema, caminho percorrido dentro do sistema, etc. O gráfico da Figura 5.6 apresenta a taxa média de requisições por sessão efetuada pelos usuários no sistema no primeiro semestre de 2010 e de 2011.

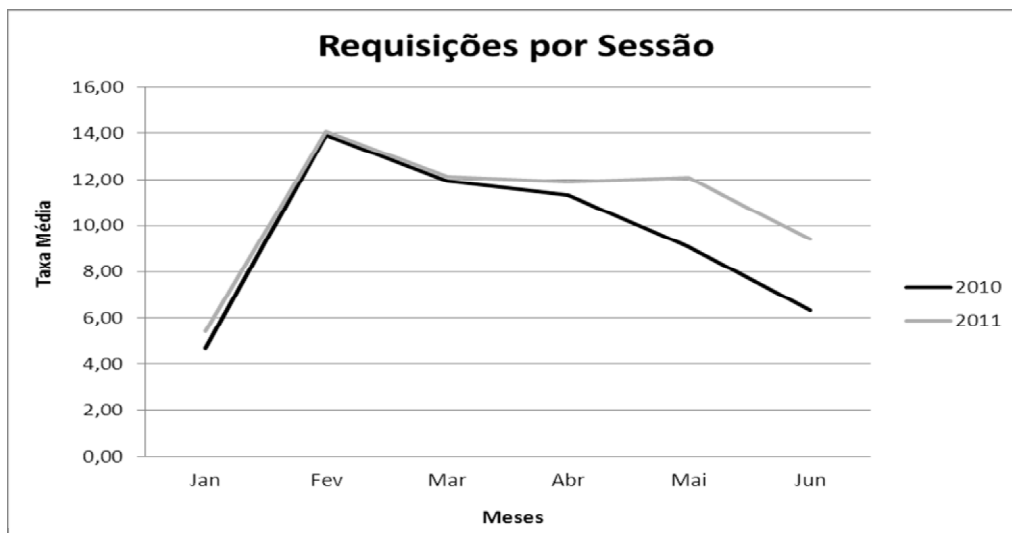


Figura 5.6 – Taxa média de requisição por sessão

É possível verificar que apesar da diferença no número de requisições enviadas ao sistema no mês de fevereiro (mês que, nos dois anos estudados, recebeu o maior número de requisições ao sistema), a taxa média de requisições por sessão se mantém em cerca de 14 requisições enviadas em cada sessão. Os meses de Abril, Maio e Junho de 2010 apresentam uma taxa média 20% menor quando comparados aos meses correspondentes de 2011.

A geração dos modelos *Markovianos* foi efetuada nas interações de todos os meses de dados disponibilizados. No entanto, devido à similaridade entre os resultados

encontrados e visando não poluir de informações repetitivas, optou-se por apresentar os resultados de um único mês nos dois anos.

A escolha do mês de fevereiro ocorreu de acordo com os seguintes critérios: mês com maior quantidade de usuários ativos e mês com a maior taxa média de utilização do sistema em ambos os anos analisados.

A Figura 5.7 apresenta o número de usuários ativos na plataforma de acordo com os cursos oferecidos no mês de fevereiro de 2010 e de 2011. Nota-se pelo gráfico que o aumento no número de usuários entre 2010 e 2011 ocorreu, principalmente, no curso de licenciatura em pedagogia, que tem o maior número de usuários ativos (28% do total geral de usuários do sistema), seguido pelos cursos de ciências biológicas (20%) e de matemática (17%).

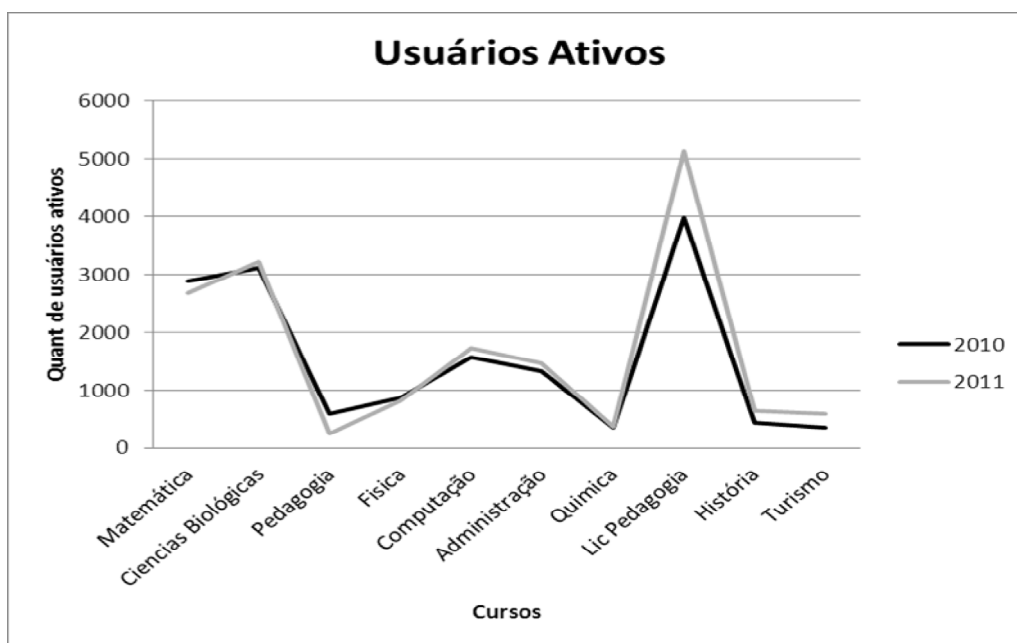


Figura 5.7 – Usuários ativos na plataforma EaD

Também foram verificadas nesta fase, quais as informações do *log* de acessos eram relevantes para gerar o modelo, tendo sido selecionados os campos mostrados na Tabela 5.2. Para cada curso da plataforma foi então gerado um banco de dados contendo essas informações.

Tabela 5.2. Campos do Log de acessos utilizados

Cod_User	Código que define o usuário no sistema
Data_Acesso	Data do acesso
Hora_Acesso	Hora do acesso

Cod_Função	Código que define a função acessada pelo usuário
------------	--

5.1.4 Avaliação dos Dados Coletados

Na fase de avaliação dos dados, foi verificada a consistência das informações, excetuando-se os dados que apresentaram problemas (cerca de 1% do total analisado).

O banco gerado foi ordenado pelo campo “Data de Acesso” e pelo campo “Hora de Acesso” para garantir que os dados representassem a realidade da chegada de requisições ao sistema. Os dados foram então separados por curso e ano.

A Figura 5.8 apresenta um exemplo dos dados do curso de matemática no ano de 2010.

cod_usuar	cod_ferra	data	hora
23356	44	1/2/2010	00:00:09
23356	44	1/2/2010	00:01:04
42167	33	1/2/2010	00:01:04
42167	33	1/2/2010	00:01:14
39477	9999	1/2/2010	00:01:34
23356	0	1/2/2010	00:01:48
23356	0	1/2/2010	00:02:11
23356	44	1/2/2010	00:02:39
23356	44	1/2/2010	00:02:51
26850	9999	1/2/2010	00:02:55
23356	44	1/2/2010	00:03:26
2788	33	1/2/2010	00:03:57
26620	33	1/2/2010	00:03:57
32909	33	1/2/2010	00:03:57

Figura 5.8 – Dada ordenados referentes ao curso de matemática de 2010

Através do resultado desta tabela, é possível entender como ocorrem os acessos dos usuários dentro do sistema. É possível notar, por exemplo, que o primeiro acesso no mês de fevereiro do curso de matemática foi efetuado pelo usuário cujo código de matrícula é o 23356 por volta das 0h, onde ele utilizava a função de código 44 (que representa *E-Mail*). Este usuário fez uma nova solicitação dentro da própria função 44 após cerca de 1 minuto. Neste mesmo período outros usuários acessaram o sistema (usuários 42167 e 39477) e realizam outras requisições (como exemplo, ferramenta 33).

O usuário de código 23356 volta a fazer um acesso cerca de 40 segundos depois e passa a utilizar a função 0 (sala de disciplina).

5.2 Identificação das Funções do Sistema

A identificação das funções do sistema foi executada na base de dados coletada na etapa anterior e o resultado foi que somente 25 serviços (ferramentas) são efetivamente utilizados no período analisado no ano de 2010 e no ano de 2011. A Tabela 5.3 apresenta as funções realmente utilizadas pelos usuários de todos os cursos na plataforma CEDERJ.

Tabela 5.3. Funções utilizadas em fevereiro 2010/2011.

Código	Função
0	Sala de disciplina
6	Perfil
9	Fórum
13	Sala de tutoria
17	Material Complementar
21	Sala de Conferência
29	Gerenciador de arquivos
34	Participantes
35	Aviso
44	<i>E-Mail</i>
46	Mural
56	Aulas na Web
59	Grade de disciplina
75	Calendarios
77	Mural dos polos
78	Mural do curso
83	Atividades
85	Avaliações
86	Exercicios Complementares
89	Tutorias Presenciais
92	<i>Blog</i>
95	<i>Wiki</i>
111	Fale Conosco
123	Material Didático
9999 / 33	<i>Login / Logout</i>

Como observação final, note que a função *Login* (9999) e a função *Logout* (33) estão agrupadas na Tabela 5.3. Essa função delimita o início e o fim do acesso do usuário e não indica nenhuma ação dentro do sistema. Como este estudo foca o usuário conectado à plataforma, não é necessário mapear as informações referentes ao comportamento do mesmo antes do *Login* e depois do *Logout*.

5.3 Transformação das Funções em Estados *Markovianos*

A terceira etapa do estudo consistiu na transformação das funções em estados de uma cadeia de *Markov* e no cálculo das probabilidades de transição entre esses estados. As probabilidades para a matriz de transição foram geradas de acordo com a equação 5.1. Isto significa que foram verificadas a quantidade total de transições a partir de cada estado e o percentual de cada mudança de estado.

$$P_{ij} = \frac{\text{Quantidade de transições do estado } i \text{ para o estado } j}{\text{Quantidade total de transições a partir do estado } i} \quad (5.1)$$

5.3.1 Diagrama de Probabilidades de Transição

O cálculo das probabilidades de transição foi efetuado por curso e por ano. O objetivo era garantir que a matriz gerada refletisse o comportamento do usuário de cada curso oferecido na plataforma, em determinado ano e auxiliar a verificar se as *interfaces* apresentadas são amigáveis para os usuários de diferentes cursos. O diagrama de transição é a representação gráfica de uma cadeia de *Markov*. Neste diagrama são visualizados os estados (representado por círculos), as transições (representadas por arcos) e as probabilidades das transições (DIMURO *et al*, 2002).

Os resultados do cálculo das probabilidades refletem diretamente o comportamento do usuário na utilização do sistema. No diagrama de transições da cadeia de *Markov*, gerado a partir do cálculo das probabilidades, foi observado que não existe uma hierarquia bem definida nas transições entre os serviços do sistema de EAD. Esse comportamento foi observado tanto no diagrama referente ao ano de 2010 quanto no diagrama referente ao ano de 2011. Logo, é possível a partir de um estado qualquer da cadeia de *Markov*, alcançar praticamente todos os outros estados do modelo em um passo. Isto influencia diretamente na usabilidade do sistema, pois embora esta característica possa facilitar a navegação dos usuários pelos serviços do sistema, ela pode poluir as *interfaces* do sistema, já que em uma única *interface* são apresentados todos os serviços oferecidos, mesmo aqueles poucos (ou nunca) utilizados.

Para facilitar a análise dos resultados, a apresentação dos modelos foi feita em duas etapas: primeiro são mostrados os resultados do diagrama de transições da cadeia

de *Markov* com as informações referentes a 2010; e, em seguida, os resultados obtidos para o ano de 2011.

5.3.1.1 Modelo referente ao ano de 2010

As probabilidades de transição calculadas mostram 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 35% em 2010. Outro ponto interessante é que o usuário, após ter acessado o estado, frequentemente continua acessando os serviços que se encontram disponíveis para ele dentro do próprio estado, conforme mostra a Tabela 5.4.

Tabela 5.4. Probabilidades do estado Sala de Disciplina

Cursos	1º Acesso (após login)	Se mantém no estado
Matemática	0,39	0,39
Ciências Biológicas	0,35	0,36
Pedagogia	0,44	0,36
Física	0,46	0,40
Computação	0,46	0,45
Administração	0,39	0,35
Química	0,49	0,37
Licenciatura Pedagogia	0,40	0,46
História	0,48	0,41
Turismo	0,45	0,36

Analisando diretamente o *site* da plataforma CEDERJ, é possível entender o porquê dessas probabilidades de acesso iniciais. Se um usuário quiser obter qualquer informação sobre provas, avisos, gabaritos, ele irá inicialmente à Sala da Disciplina. Isto ocorre devido ao fato de algumas funções como, por exemplo, Atividades, Avaliações e Gabaritos, Exercícios e Complementos, estarem disponíveis para acesso somente após o usuário se encontrar na Sala de Disciplina, conforme mostra Figura 5.9.

Dentre as funções disponíveis aos usuários após o *login* e que podem ser acessadas diretamente (não sendo necessário o ingresso na sala de disciplina), é possível listar: Perfil, Sala de tutorias, *Blog*, Material Complementar, Sala de conferência, Gerenciador de Arquivos, Mural dos cursos, Mural dos polos, *E-mail* e Fale conosco (Figura 5.10).

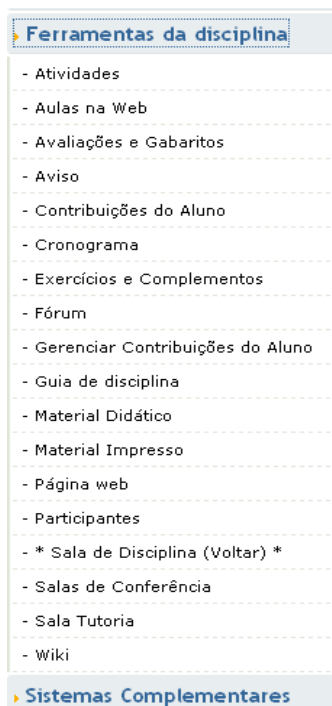


Figura 5.9. Ferramentas disponíveis para o usuário no estado Sala de Disciplina (CEDERJ, 2011)



Figura 5.10. Ferramentas disponíveis após o login sem ser necessário ingresso na Sala de Disciplina (CEDERJ, 2011)

No entanto, as probabilidades de transição calculadas mostram baixa frequência dos usuários a essas ferramentas após o *login* no sistema. A Tabela 5.5 mostra as probabilidades de transição para os outros estados do sistema quando o acesso não é para a Sala de Disciplina. Essas probabilidades possuem média menor que 7%.

Tabela 5.5. Frequência de acesso para demais funções do sistema após login

Cursos	Função	Prob. de transição
Matemática	Sala de tutoria	0,08
Ciencias Biológicas	Sala de tutoria	0,09
Pedagogia	Mural dos polos	0,07
Fisica	Sala de tutoria	0,05
Computação	Sala de tutoria	0,05
Administração	Salade tutoria	0,08
Quimica	Mural dos polos	0,05
Licenciatura Pedagogia	Mat complementar	0,11
História	Mural dos polos	0,05
Turismo	Mural dos polos	0,05

Um ponto interessante no resultado gerado pelo modelo de *Markov* foi à probabilidade do usuário sair do sistema após o *Login*, ou seja, o usuário acessa o sistema e sai dele sem realizar qualquer navegação. Essa probabilidade não é desprezível como mostra a Tabela 5.6. Por exemplo, 22% dos usuários do curso de pedagogia saem do sistema logo após terem realizado o *Login*, ou seja, sem ter executado qualquer ação no sistema. Isto pode ser uma falha na usabilidade do sistema e merece ser investigado.

Tabela 5.6. Frequencia de saída do sistema após login

Cursos	Prob. de transição
Matemática	0,12
Ciencias Biológicas	0,10
Pedagogia	0,22
Fisica	0,13
Computação	0,09
Administração	0,11
Quimica	0,14
Licenciatura Pedagogia	0,09
História	0,15
Turismo	0,14

Analisando o diagrama do curso de matemática, pode-se verificar o que normalmente ocorre a partir da tela inicial: 39% dos alunos vão para a Sala de

Disciplina, 8% vão consultar os Exercícios Complementares, 8% acessam o *link* para Material Complementar e 9% decidem pelo *link* de Avaliações e Gabaritos. A Figura 5.11 apresenta o diagrama de transições referente ao caminho acessado pelo usuário do curso de matemática.

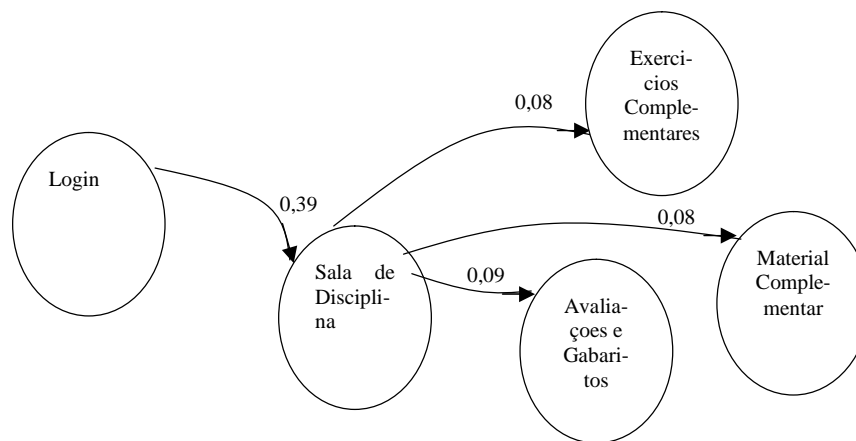


Figura 5.11. Diagrama de transição referente ao caminho do curso de Matemática

No diagrama de transição dos demais cursos, foi possível observar que o aluno que acessa a plataforma EAD do CEDERJ, faz uso de quatro ou cinco serviços a cada acesso ao sistema e, que estes serviços, normalmente são os mesmos. Os serviços mais comumente acessados são descritos abaixo.

- **Matemática, Pedagogia, Física, Ciências Biológicas e Computação**

Após acessarem a Sala de Disciplina, os usuários desses cursos normalmente acessam a função de Sala de Tutoria (12%), Material Complementar (11%) ou Exercícios Complementares (11%) antes de saírem do sistema (10%).

- **Química, Licenciatura em Pedagogia, História e Turismo**

Após acessarem a Sala de Disciplina, os usuários acessam a função Material Complementar (11%), Sala de Tutoria (10%) ou Avisos (10%) antes de saírem do sistema (9%).

- **Administração**

Os usuários desse curso costumam acessar as funções de Atividades (12%), Sala de Tutoria (10%) ou Material Complementar (10%) após acessarem a Sala de

Disciplina. A probabilidade de transição de sair do sistema após esses acessos é de 9%.

Uma das facilidades na utilização dos modelos *Markovianos* é a propriedade que as transições dos estados anteriores não influenciam nas transições dos estados seguintes. Isso significa que é possível estudar o comportamento do sistema a partir de um determinado estado, sem levar em consideração as transições que levaram o sistema a se encontrar no mesmo.

Por exemplo, a Figura 5.12 apresenta o diagrama de transições referente à ferramenta *E-mail* dado que o sistema se encontra no estado *E-mail* em determinado momento. É possível notar que a maioria das transições ocorre para dentro do próprio estado (72%). Isso acontece porque existem diversas ações dentro do estado como, por exemplo, envio, encaminhamento e exclusão de mensagens. Quando a transição é para fora do estado *E-mail* com probabilidade de 11% os usuários acessam ou retornam a Sala de Disciplina, com probabilidade de 3% acessam a Sala de Tutoria e também com probabilidade de 3% saem do sistema.

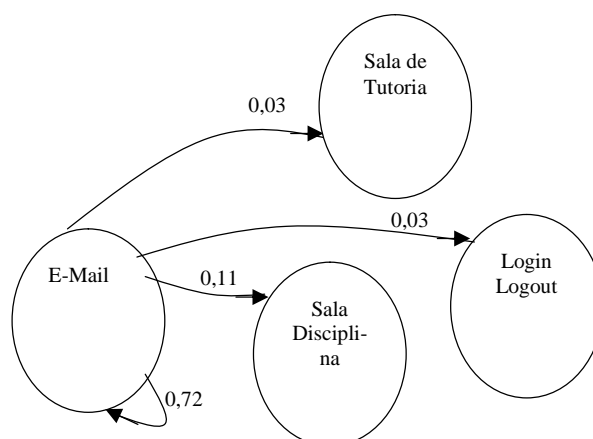


Figura 5.12. Diagrama de transição referente à ferramenta E-mail do curso de matemática

Embora o sistema de EaD do CEDERJ forneça a seus usuários um conjunto de ferramentas abrangente e de acordo com o documento de Referenciais da Qualidade, o aluno conectado à plataforma utiliza com mais frequência um grupo pequeno de ferramentas. Essa informação pode auxiliar a decidir o que melhorar na usabilidade do sistema para aumentar a interação dos usuários com as demais ferramentas

disponibilizadas ou, simplesmente, decidir pela eliminação das ferramentas não utilizadas.

Com poucas exceções, é possível a partir de uma determinada ferramenta (estado) do sistema alcançar qualquer outra ferramenta. Como exemplo, a função Sala de Disciplina pode ser acessada a partir de outras funções do sistema como *Blog* e *E-mail* (Figuras 5.13 e 5.14). Portanto, o usuário não precisa perder tempo navegando entre *menus* diferentes para realizar sua tarefa, aumentando a produtividade e a rapidez, que são características de um sistema aderente à usabilidade.

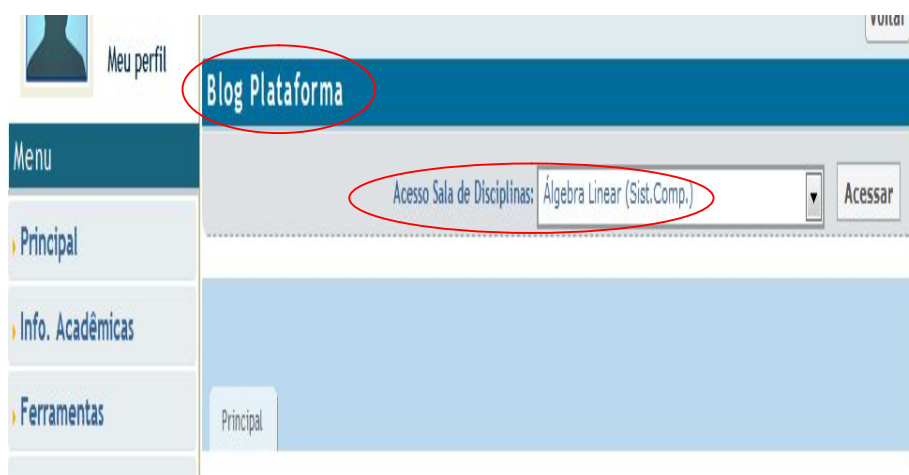


Figura 5.13 Acesso do Blog para Sala de Disciplina (CEDERJ, 2011)

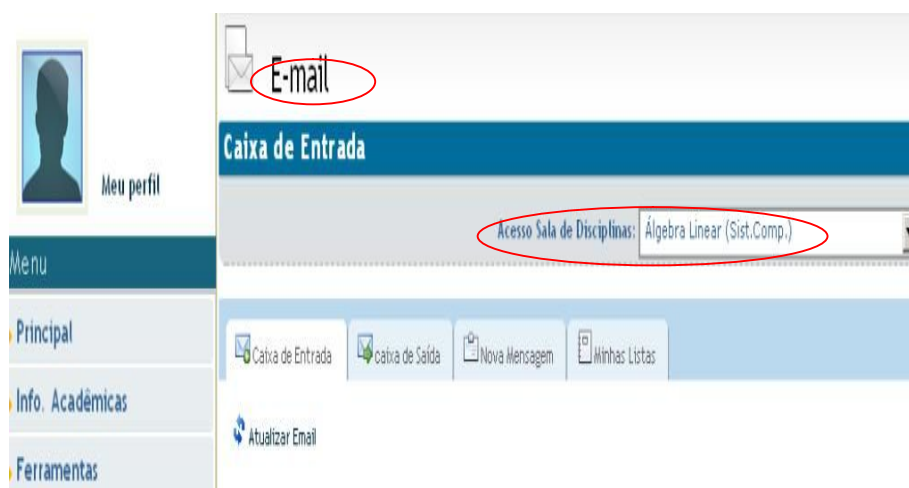


Figura 5.14. Acesso do E-mail para Sala de Disciplina (CEDERJ, 2011)

Com a geração da matriz de probabilidades de transição é possível calcular as probabilidades estacionárias do modelo (π_i). O cálculo das probabilidades estacionárias (conforme equação 2.7) foi efetuado curso-a-curso e mostrou que o usuário do sistema

passa, no mínimo, 26% do seu tempo conectado utilizando a função de Sala de Disciplina, independente do curso a que esteja matriculado.

A Figura 5.15 apresenta as probabilidades estacionárias das 12 funções mais utilizadas pelos usuários do sistema EaD. Algumas funções, como Aulas na Web, Blog, Calendários, Fale Conosco, Grade de Disciplinas, Material Didático, Mural, Participantes, Sala de Conferência, Tutorias Presenciais e Wiki não chegam a aparecer no gráfico por possuírem probabilidades inferiores a 1%.

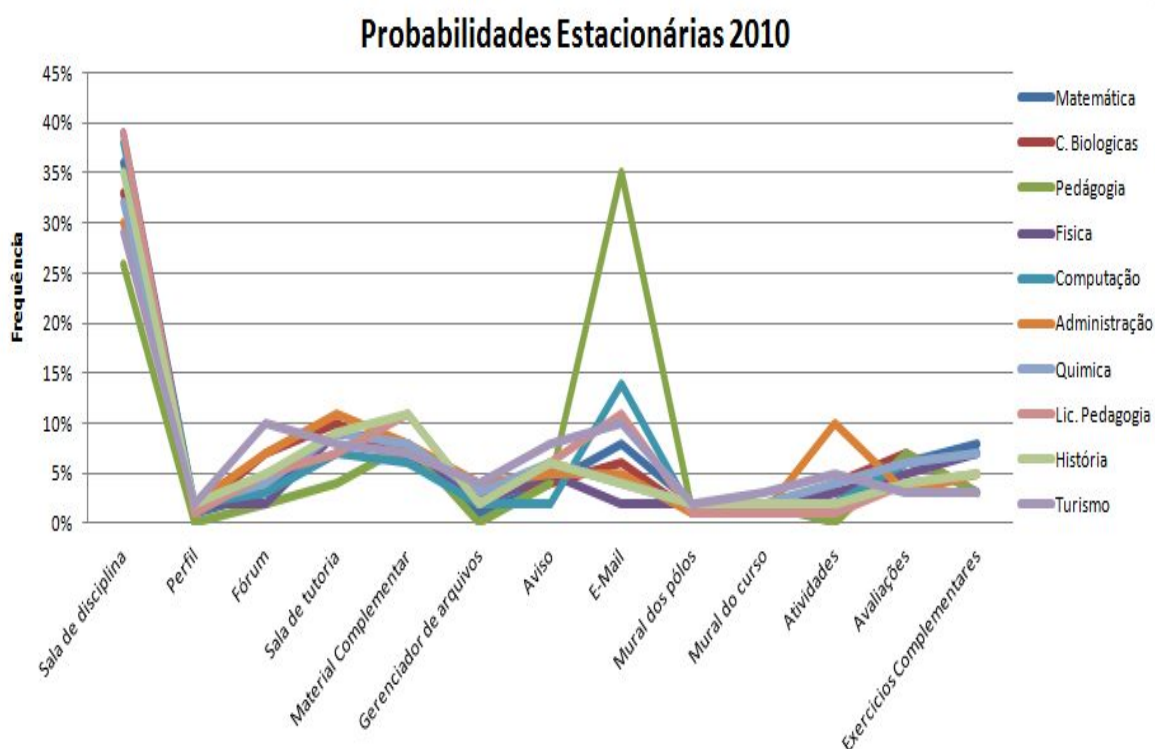


Figura 5.15. Probabilidades estacionárias referentes ao ano de 2010

Funções como Perfil, Mural dos Polos, Mural dos Cursos e Gerenciador de Arquivos não chegam a 5% do tempo em que os usuários ficam conectados à plataforma do CEDERJ, mantendo um padrão nos cursos analisados. Além disso, existem funções que nunca são acessadas pelos usuários do sistema EAD. Infelizmente, o modelo *Markoviano* não fornece indícios sobre a razão do pouco uso dessas ferramentas. Para uma resposta a esta questão, seria necessária uma pesquisa de opinião junto aos alunos dos CEDERJ.

Já na utilização da função *E-mail*, o padrão é quebrado pelos usuários do curso de pedagogia, onde o tempo gasto de utilização chega a 35%, enquanto nos demais cursos, o usuário passa em média 7% do tempo.

Para entendermos melhor como ocorre a utilização do sistema, vale relembrar o cálculo efetuado para tempo médio de conexão no sistema pelo usuário da plataforma CEDERJ. Em média, o usuário se mantém conectado 55 minutos (tempo médio de uma sessão), isto significa que ele gasta por dia, em média, cerca de 20 minutos na Sala de Disciplina. Os outros minutos são utilizados principalmente na Sala de Tutoria (10 minutos), no Material Complementar (10 minutos) ou no *E-Mail* (10 minutos). O pouco tempo no uso diário das demais ferramentas também foi verificado pelo diagrama de transições.

O tempo do usuário na plataforma, de acordo com o curso acessado, ficou dividido da seguinte maneira:

- **Matemática**

20 minutos do acesso utilizando a função de Sala de Disciplina, 5 minutos utiliza a Sala de Tutoria, 4 minutos acessa as funções de Material Complementar ou Exercícios Complementares;

- **C. Biológicas**

18 minutos na Sala de Disciplina, 6 minutos na Sala de Tutoria, 4 minutos na função Forum ou Avaliações, e 3 minutos nas demais funções.

- **Pedagogia**

14 minutos na Sala de Disciplina, 19 minutos na função E-Mail, 4 minutos na Material Complementar ou na função Avaliações e menos de 1 minuto nas demais funções.

- **Física**

21 minutos na Sala de Disciplina, 5 minutos na Sala de Tutoria, 4 minutos acessa as funções de Material Complementar ou Exercícios Complementares e menos de 1 minuto nas demais funções.

- **Computação**

21 minutos na Sala de Disciplina, 8 minutos no E-Mail, 4 minutos na Sala de Tutoria e menos de 1 minuto nas demais funções.

▪ **Administração**

17 minutos na Sala de Disciplina, 6 minutos na função Sala de Tutoria ou na função Atividades, 4 minutos na função Material Complementar e 2 minutos nas demais funções.

▪ **Química**

18 minutos na Sala de Disciplina, 5 minutos na Sala de Tutoria, 4 minutos em Material Complementar e 2 minutos nas demais funções.

▪ **Licenciatura Pedagogia**

21 minutos na Sala de Disciplina, 6 minutos em Material Complementar ou na função E-mail, 4 minutos na Sala de Tutoria e 2 minutos nas demais funções.

▪ **História**

19 minutos na Sala de Disciplina, 6 em Material Complementar, 5 minutos na Sala de Tutoria e 2 minutos nas demais funções.

▪ **Turismo**

16 minutos na Sala de Disciplina, 6 minutos na função Forum ou na função E-mail, 4 minutos em Material Complementar e 2 minutos nas demais funções.

Com essas informações é possível modificar a *interface* para favorecer o uso dos serviços que os usuários mais utilizam, de acordo com o modelo gerado. Facilidade no uso é um dos princípios de um sistema aderente a usabilidade.

5.3.1.2 Modelo Referente ao ano de 2011

No ano de 2011, o primeiro acesso após o *login* continua sendo mais frequente para a Sala de Disciplina (Tabela 5.7). Essa frequência aumentou com relação a 2010 (média de 10% de aumento). Acredita-se que esse aumento não é decorrência de mudança no comportamento do usuário e sim consequência direta do aumento geral na quantidade de requisições enviadas ao sistema no ano de 2011 em relação ao ano de 2010.

Tabela 5.7. Probabilidades do estado Sala de Disciplina

	1º Acesso (após login)	Se mantem no estado
Matemática	0,54	0,56
C. Biológicas	0,53	0,57
Pedagogia	0,54	0,70
Física	0,61	0,66
Computação	0,59	0,65
Administração	0,41	0,42
Química	0,54	0,65
Lic. Pedagogia	0,50	0,55
História	0,57	0,58
Turismo	0,53	0,57

Novamente as probabilidades de acesso aos demais serviços oferecidos pela plataforma logo após o *Login* apresentou baixa frequência. Em média, 8% dos usuários que se conectou a plataforma acessou um serviço diferente da Sala de Disciplina no ano de 2011. Um aumento de 1% com relação a 2010, mas ainda uma probabilidade considerada baixa (Tabela 5.8).

Tabela 5.8. Frequência de acesso para demais funções do sistema após *login* (2011)

Cursos	Função	Prob. de transição
Matemática	Sala de Tutoria	0,12
Ciencias Biológicas	Forum	0,09
Pedagogia	<i>E-mail</i>	0,07
Física	Sala de Tutoria	0,05
Computação	Sala de Tutoria	0,09
Administração	Fórum	0,18
Química	Sala de Tutoria	0,05
Licenciatura Pedagogia	Sala de Tutoria	0,08
História	Sala de Tutoria	0,07
Turismo	Sala de Tutoria	0,05

Entre as principais mudanças na navegabilidade dos usuários de 2011 em relação a 2010, pode-se citar:

- Substituição das funções Avaliações e Exercícios Complementares pela função Material Didático;
- Maior utilização da Sala de Disciplina (em média 24% a mais de utilização);
- Menor utilização da ferramenta de Material Complementar na ordem de 7%;

- Ferramentas como Sala de Conferência (2%), Participantes (2%), Aulas na Web (2%) e Calendários (2%) passaram a apresentar probabilidades de transição maiores que 1%.

Numa nova análise do diagrama do curso de matemática, agora com os dados referentes ao ano de 2011, pode-se verificar a partir da tela inicial: 54% dos alunos vão para a sala de disciplina, 12% vão para a Sala de tutoria, 5% acessam o *link* para aviso, 5% acessam o *E-Mail*, conforme mostra a Figura 5.16.

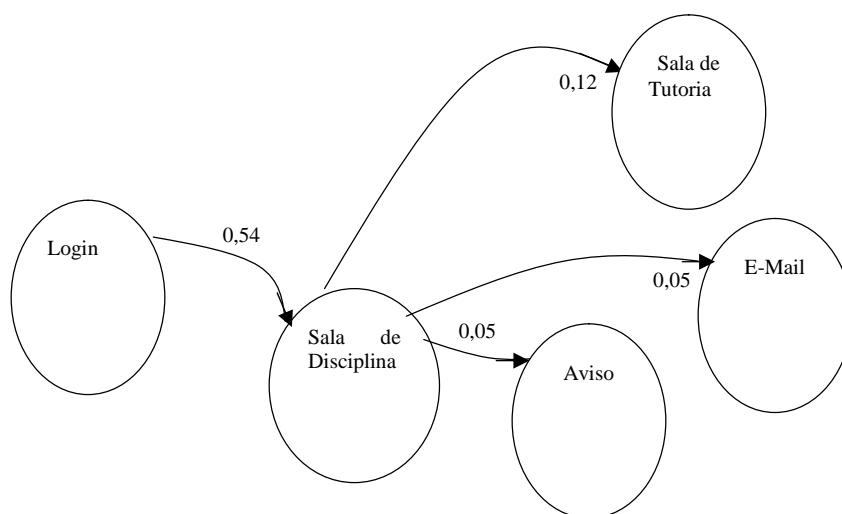


Figura 5.16. Diagrama de Transição Referente ao Caminho após Sala de Disciplina referente ao curso de Matemática (2011)

Com relação as probabilidades de sair do sistema sem efetuar nenhuma requisição, a matriz de transições referente ao ano de 2011 mostrou poucas alterações com relação a 2010. A média de ocorrência desse tipo de evento foi de 13% em 2010 e de 15% em 2011, conforme Tabela 5.9.

Tabela 5.9. Frequencia de saída do sistema após login

Cursos	Prob. de transição
Matemática	0,11
Ciencias Biológicas	0,15
Pedagogia	0,27
Fisica	0,15
Computação	0,13
Administração	0,10

Química	0,16
Licenciatura Pedagogia	0,21
História	0,13
Turismo	0,12

Com relação às probabilidades estacionárias, continuamos com a frequência alta na função Sala de Disciplina, que inclusive aumentou, passando de 26% em média no ano de 2010 para 31% no ano de 2011. A Figura 5.17 apresenta o gráfico com as probabilidades estacionárias calculadas.

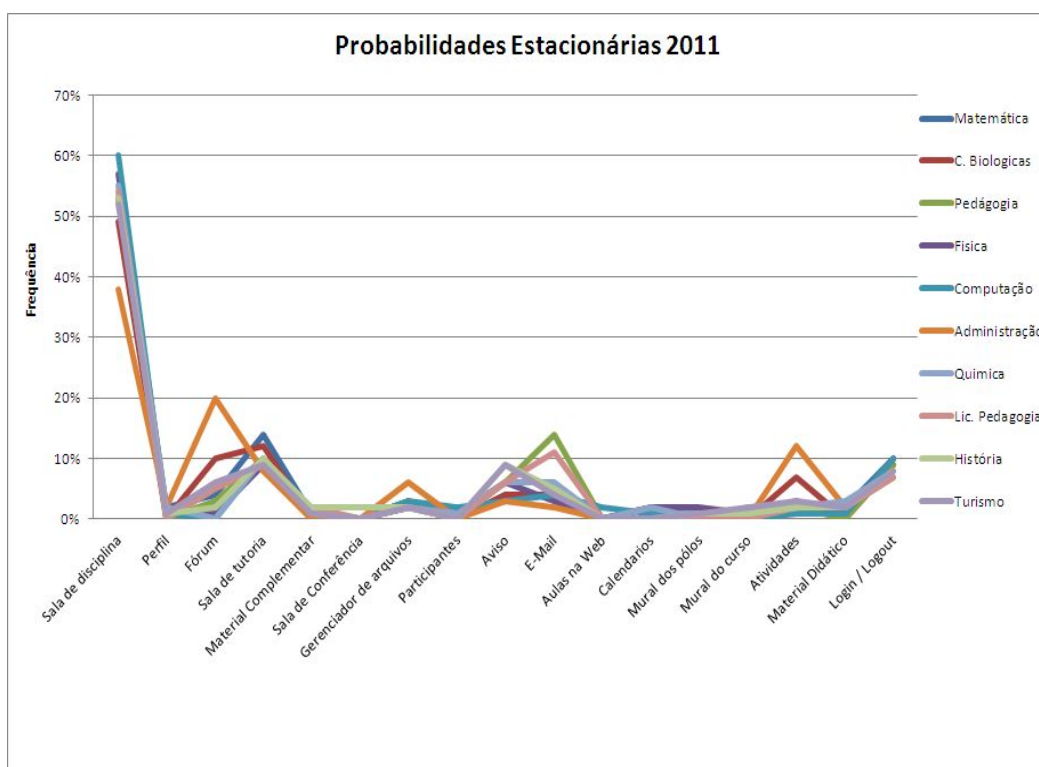


Figura 5.17. Probabilidades estacionárias referentes ao ano de 2011

No gráfico das probabilidades estacionárias do ano de 2010 pode-se notar que, apesar de os usuários frequentarem cursos e aulas diferentes, a utilização das funções do sistema por eles era similar. Em 2011, cursos como Administração e Ciências Biológicas passaram a utilizar um pouco mais a função Fórum (aumento de 8%) e a função Atividades (aumento de 3%) que os demais cursos, por exemplo. O curso de Pedagogia continua sendo o que mais utiliza a função de *E-mail* pelo sistema (apesar de ter diminuído essa utilização em 17% em relação a 2010).

Funções como Aulas na Web e Calendários que não estavam sendo utilizadas em 2010, de acordo com as probabilidades estacionárias, passaram a ser em 2011 (2% de utilização). No entanto, somente dois cursos apresentaram probabilidades de uso destas funções: Computação (Aulas na Web) e Ciências Biológicas (Calendários).

Em 2011, o usuário do sistema CEDERJ ficou em média 60 minutos conectado ao sistema por sessão efetuada. Em média, nesses 60 minutos, ele passou aproximadamente 31 minutos utilizando a Sala de Disciplina. O tempo do usuário, de acordo com o curso acessado, ficou dividido da seguinte maneira:

- **Matemática**

37 minutos do acesso utilizando a função de Sala de Disciplina, 6 minutos utiliza a Sala de Tutoria, 4 minutos acessa as demais funções;

- **C. Biológicas**

30 minutos na Sala de Disciplina, 7 minutos na Sala de Tutoria, 6 minutos na função Forum, 4 minutos na função Atividades e 1 minuto nas demais funções.

- **Pedagogia**

31 minutos na Sala de Disciplina, 11 minutos na função E-Mail, 6 minutos na Sala de Tutoria e menos de 1 minuto nas demais funções.

- **Física**

40 minutos na Sala de Disciplina, 6 minutos na Sala de Tutoria e menos de 1 minuto nas demais funções.

- **Computação**

37 minutos na Sala de Disciplina, 8 minutos na Sala de Tutoria, 5 minutos na função de E-mail e menos de 1 minuto nas demais funções.

- **Administração**

22 minutos na Sala de Disciplina, 12 minutos na função Forum, 7 minutos na função Atividades e 2 minutos nas demais funções.

- **Química**

20 minutos na Sala de Disciplina, 5 minutos na Sala de Tutoria, 4 minutos em Material Complementar e 2 minutos nas demais funções.

- **Licenciatura Pedagogia**

33 minutos na Sala de Disciplina, 7 minutos em E-Mail, 5 minutos na Sala de Tutoria e 2 minutos nas demais funções.

- **História**

35 minutos na Sala de Disciplina, 7 minutos na Sala de Tutoria, 6 minutos em Avisos e 2 minutos nas demais funções.

- **Turismo**

30 minutos na Sala de Disciplina, 6 minutos na Sala de Tutoria, 5 minutos em E-Mail e 2 minutos nas demais funções.

5.4 Considerações sobre o Estudo de Caso

Podemos assim verificar que o modelo de *Markov* fornece informações sobre o comportamento do usuário conectado à plataforma, mostrando o que o usuário utiliza e como utiliza. Do estudo realizado neste capítulo, podemos tirar as seguintes conclusões relacionadas a usabilidade da plataforma CEDERJ em utilização nos anos de 2010 e 2011:

- O tempo de uso em algumas ferramentas mostra pouca interatividade entre os alunos da plataforma e pode representar uma falha de usabilidade;
- O sistema apresenta características que aumentam a produtividade e rapidez na realização de tarefas como, por exemplo, a possibilidade de a partir de uma determinada ferramenta (estado) acessar uma outra ferramenta necessária sem a necessidade de voltar a um ponto de partida, isso evita que o usuário perca tempo navegando entre menus diferentes para realizar sua tarefa;
- A partir dos diagramas do modelo *Markoviano* é possível verificar que somente um grupo de ferramentas é utilizado pelos usuários do sistema. Essa informação pode auxiliar em melhorias na usabilidade do sistema, aumentando a interação dos usuários com as demais ferramentas disponibilizadas;
- O modelo de *Markov* permite verificar o comportamento do usuário desde o momento de sua entrada no sistema (*login*) até o momento quando ele sai do sistema (*logout*). Verificou-se que há uma probabilidade considerável de alguns

usuários saírem do sistema sem efetuar acesso a nenhuma ferramenta. Isso pode representar uma falha na usabilidade do sistema que merece ser investigado;

- As probabilidades de transição mostram que algumas ferramentas que são pouco utilizadas poderiam estar dispostas de forma a não poluir as *interfaces* do sistema, pois em uma única *interface* são apresentados todos os serviços oferecidos, mesmo aqueles poucos (ou nunca) utilizados.

Um estudo do usuário da plataforma CEDERJ é apresentado no Anexo I deste trabalho por estar fora do escopo da pesquisa. Neste estudo é efetuado um processo de descoberta do conhecimento com o objetivo de verificar o perfil do usuário do sistema. São correlacionadas as informações referentes a sexo, idade, escola de origem, CR, períodos de maior utilização da plataforma e os principais tipos de acesso de acordo com as ferramentas disponibilizadas.

Como vimos, o modelo *Markoviano* é capaz de representar o comportamento do usuário na utilização de um sistema, permitindo assim a avaliação quantitativa da usabilidade através de probabilidades estatísticas. Para um relatório mais completo de melhorias e falhas relacionadas à usabilidade do sistema, é possível combinar os resultados do modelo gerado com um método que forneça informações qualitativas. Dentre os métodos de avaliação apresentados no Capítulo 3, o que mais se aproxima do objetivo deste trabalho é a inspeção baseada em taxonomia. Este método auxilia a organização e a orientação dos requisitos não funcionais, permitindo relatórios finais onde são apontados os pontos de melhorias ou falhas da *interface* avaliada. Os resultados obtidos com a aplicação deste método para os dois estudos de caso são discutidos no próximo capítulo.

6 Análise dos Resultados baseada na Inspeção de Taxonomia

Neste capítulo, os estudos de caso apresentados nos Capítulos 4 e 5 são estendidos com a aplicação do método de inspeção baseado em taxonomia. O objetivo é gerar resultados qualitativos para a avaliação da usabilidade, já que os modelos *Markovianos* só fornecem resultados quantitativos.

6.1 Análise dos Resultados

É possível avaliar a aderência da usabilidade com o método de inspeção baseado em taxonomia (FERREIRA e LEITE, 2003) a partir das informações geradas pelos modelos de *Markov*. A seguir, os dois estudos de caso feitos neste trabalho são avaliados para cada tópico deste método (ver Tabela 3.1 do Capítulo 3).

6.1.1 Requisitos relacionados à exibição da informação

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). Na análise dos resultados da cadeia de *Markov* de ambos os estudos de caso 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. Logo, é possível verificar se existe uma padronização entre os *links* do sistema e se essa padronização faz sentido dentro do contexto de uso. Isto evita a criação de *links* desnecessários para outros estados e garante a consistência entre os diversos estados do modelo como, por exemplo.

- Caso Pré-projeto: nos dois primeiros modelos faltava conexão entre funções do sistema, tornando inalcançáveis algumas funções; o terceiro modelo gerado mostrou consistência ao ser possível acessar qualquer uma das funções disponíveis.
- Caso CEDERJ: foi detectado que algumas ferramentas estavam disponíveis somente a partir da Sala de Disciplina; isto parece ter sido uma das causas da pouca utilização de algumas ferramentas.

B) ***Feedback*** – este item está relacionado às respostas das ações do usuário, ou seja, o sistema informa 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* nos dois estudos de caso realizados. Como melhoria, é sugerida a implementação de funções que representem respostas às solicitações feitas pelos usuários. Algumas ações podem causar dúvidas no usuário quando não apresentam indicação de que estão sendo processadas, levando-os a suspeitar de uma falha no sistema.

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. Por exemplo, no estudo de caso do CEDERJ, é possível verificar o comportamento dos usuários com mais de 65 anos (3ª idade), analisando o modelo gerado a partir das informações de requisições dos mesmos e verificando se mantém o mesmo padrão de comportamento dos demais usuários da plataforma. Além disso, as probabilidades estacionárias do modelo *Markoviano* podem informar como os usuários gastam o tempo

dentro do sistema na realização de suas tarefas. Esta avaliação poderá indicar as dificuldades de determinados grupos no uso do sistema.

- 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. Essa visualização facilita verificar se a *interface* é amigável e de fácil interpretação para o usuário. Uma *interface* com uma quantidade excessiva de estados ou ainda, com uma quantidade ineficiente de estados pode causar ao usuário uma sensação de incapacidade. Por exemplo, no estudo de caso do sistema em pré-projeto, o estado *e-mail* é facilmente entendido como o local onde *e-mails* podem ser lidos e escritos.
- E) ***Metáforas*** – este item segue o mesmo conceito das metáforas linguísticas de uso comum. Não foi possível a partir dos modelos gerados nos estudos de caso avaliar como as metáforas são utilizadas no sistema.
- 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. Por exemplo, no estudo de caso do CEDERJ, é possível verificar o comportamento dos usuários, analisando o padrão de comportamento e o tempo que gastam na realização das tarefas.
- 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. Por exemplo, no estudo de caso do sistema em pré-projeto, para participar de um fórum, o usuário precisa fazer *login* e depois acessar um curso. Esta decisão

do projetista pode não ser uma boa ideia, pois pode inibir a utilização da ferramenta.

- H) ***Classificação Funcional dos Comandos nos Menus*** - as ações executadas pelo usuário são realizadas através dos comandos associados às funções do sistema. Segundo MILLER (1956), os *menus* devem possuir de cinco a nove itens a fim de serem corretamente assimilados e memorizados. O diagrama de transição permite que o desenvolvedor verifique quantos *links* de acesso o sistema está gerando a partir de cada estado, mas não permite visualizar como esses *links* são agrupados nos menus. Por exemplo, no estudo de caso do sistema em Pré-projeto, os *links* são criados de acordo com as ações definidas pelo projetista. No entanto, não é possível saber como esses *links* serão disponibilizados na *interface*.
- I) ***Manipulação Direta*** – este item diz respeito à interferência direta do usuário na *interface*. Isso é possível se, por exemplo, no estudo de caso em sistema pré-projeto, ao invés de transformar as funções em estados do sistema, fossem utilizadas as ações contidas em cada função. Isso geraria uma cadeia de *Markov* com um maior número de estados, pois cada ação possível do usuário no sistema seria representada por um estado.
- 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, no estudo de caso do CEDERJ, com poucas exceções, é possível a partir de uma determinada ferramenta do sistema, alcançar qualquer outra ferramenta. No entanto, as probabilidades estacionárias mostram que o usuário somente utiliza um conjunto pequeno de ferramentas. Logo, é possível que o sistema esteja disponibilizando mais informações do que é necessário.
- K) ***Uso de Rótulos, Abreviações e Mensagens Claras*** – com o diagrama de transição do modelo de *Markov*, nos dois estudos de caso, não foi possível verificar este item da taxonomia.

- L) ***Uso Adequado de Janelas*** – este item verifica se a *interface* abre desnecessariamente novas janelas. A avaliação dos estudos de caso mostra que não é possível verificar este item da taxonomia com os modelos *Markovianos*.

- M) ***Projeto Independente da Resolução do Monitor*** – este item verifica se o sistema é independente da resolução do monitor. Não é possível realizar esta avaliação através dos modelos de *Markov*.

6.1.2 Requisitos relacionados à entrada de dados

É recomendável ajudar o usuário nas tarefas de entradas de dados. Com relação aos requisitos relacionados à entrada de dados, o resultado do modelo de *Markov* nos permite avaliar:

- A) ***Mecanismo de ajuda*** - este item diz respeito aos mecanismos que auxiliam o usuário no preenchimento de campos na entrada de dados. O modelo *Markoviano*, nos dois estudos de caso, não apresenta uma função referente ao auxílio ou ajuda ao usuário. É interessante que tal estado seja implementado e que as transições para o mesmo possam ocorrer de qualquer estado do sistema, facilitando assim o aprendizado no manuseio do sistema.

- B) ***Prevenção de erros*** – este item diz respeito aos mecanismos que possibilitam prevenir, diminuir e corrigir possíveis erros do usuário. A visualização das transições entre os estados auxilia a detecção e prevenção de erros antes que eles aconteçam. Por exemplo, no estudo de caso em sistema de pré-projeto, o terceiro modelo gerado apresenta a função *Teste* sendo acessada somente após o aluno acessar a função *Aulas*. Isso previne que um usuário que não “assistiu” a uma aula execute um teste, o que estaria em desacordo com as regras pré-estabelecidas para o sistema.

- C) ***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. Nos estados dos modelos apresentados não foi verificada nenhuma especificação para tratamento de erros.

A Tabela 6.1 mostra resumidamente os requisitos que podem ser avaliados a partir dos modelos *Markovianos* relacionados a exibição da informação.

Tabela 6.1. Análise dos resultados dos requisitos de exibição da informação

Requisitos	Inspecção baseada nos Modelos <i>Markovianos</i>
A) Consistência	Os resultados dos modelos <i>Markovianos</i> é possível identificar comportamentos inesperados, uso de diversos nomes para uma mesma função (existência de estados absolutos – isto ocorrerá quando for identificada as probabilidades de somente uma das funções) e uso de um mesmo nome para funções diferentes (soma das probabilidades de transição maior que 1). 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. Logo, é possível verificar se existe uma padronização entre os <i>links</i> do sistema e se essa padronização faz sentido dentro do contexto de uso. Isto evita a criação de <i>links</i> desnecessários para outros estados e garante a consistência entre os diversos estados do modelo.
B) <i>Feedback</i>	Sugestão de Melhoria: Implementação de funções que representem respostas às solicitações feitas pelos usuários. Algumas ações podem causar dúvidas no usuário quando não apresentam indicação de que estão sendo processadas, levando-os a suspeitar de uma falha no sistema.
C) Níveis de Habilidade e Comportamento Humanos	O modelo <i>Markoviano</i> permite identificar como os usuários navegam dentro do sistema, com isso, seria possível a verificação de como se comporta um grupo específico de usuários (3ª idade, por exemplo) comparando com os demais usuários. Esta avaliação poderá indicar as dificuldades de determinados grupos no uso do sistema.
D) Percepção Humana	O modelo <i>Markoviano</i> facilita a visualização se a <i>interface</i> está amigável e de fácil interpretação através da possibilidade de “enxergar” todos os estados do sistema.
E) Metáforas	Não foi possível a partir dos modelos gerados nos estudos de caso avaliar este item.
F) Minimização de Carga de Memória	A visualização do diagrama de transição auxilia a verificar se os acessos dos usuários às funções do sistema estão bem projetadas.
G) Eficiência no Diálogo, Movimento e Pensamentos	Com a visualização do comportamento do usuário na utilização das ferramentas facilitada pelo modelo de <i>Markov</i> , é possível verificar o caminho que o usuário precisa percorrer entre a origem e o destino na realização de uma tarefa.
H) Classificação Funcional dos Comandos	O diagrama de transição permite que o desenvolvedor verifique quantos <i>links</i> de acesso o sistema está gerando a partir de cada estado, mas não permite visualizar como esses <i>links</i> são agrupados nos menus. No entanto, não é possível saber como esses <i>links</i> serão disponibilizados na

	<i>interface.</i>
I) Manipulação Direta	Para analisar este item com a utilização dos modelos de <i>Markov</i> , seria necessário analisar as ações disponíveis dentro de cada estado e delas gerar novos estados da cadeia.
J) Exibição Exclusiva de Informação Relevante	O modelo de <i>Markov</i> facilita a visualização deste item quando apresenta todas as possibilidades de navegação do usuário quando conectado ao sistema.
K) Uso de Rótulos, Abreviações e Mensagens Claros	Não é possível a partir dos modelos gerados nos estudos de caso avaliar este item.
L) Uso Adequado de Janelas	Não é possível a partir dos modelos gerados nos estudos de caso avaliar este item.
M) Projeto Independente da Resolução do Monitor.Mecanismos de Ajuda	Não é possível a partir dos modelos gerados nos estudos de caso avaliar este item.

A Tabela 6.2 apresenta os resultados resumidos da análise de usabilidade relacionada aos requisitos de entrada de dados.

Tabela 6.2. Análise dos resultados dos requisitos de entrada de dados

Requisitos	Inspeção baseada nos Modelos <i>Markovianos</i>
A) Mecanismo de Ajuda	Sugestão de Melhoria: Implementação de um estado que represente a ajuda do sistema.
B) Prevenção de Erros	A visualização das transições entre os estados auxilia a detecção e prevenção de erros antes que eles aconteçam.
C) Tratamento de Erros	Sugestão de Melhoria: Implementação de um estado para tratamento de erros. Nos estados dos modelos apresentados não foi verificada nenhuma especificação para tratamento de erros.

7 Considerações Finais

O presente trabalho, de caráter exploratório, teve como objetivo avaliar a aderência de critérios de usabilidade usando uma inspeção quantitativa baseada em modelos *Markovianos* em sistemas de EaD e integrando os resultados obtidos a outro método de inspeção, para gerar os resultados qualitativos da avaliação.

A pesquisa se deu em quatro etapas: levantamento bibliográfico dos conceitos relacionados ao trabalho de pesquisa; estudo de caso em sistema em fase de pré-projeto; estudo de caso em um sistema implementado e em funcionamento; e análise dos resultados obtidos nos estudos de caso integrados à inspeção baseada na taxonomia de FERREIRA e LEITE (2003).

Na primeira etapa da pesquisa foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a EaD sua origem, evolução e atualidade brasileira. Esta etapa da pesquisa foi importante para entender melhor as necessidades e obrigatriedades exigidas pelo governo brasileiro para as universidades que desejam oferecer seus cursos na modalidade à distância.

Ainda na primeira etapa também foi efetuada uma investigação sobre os diversos métodos de avaliação de usabilidade e a importância da avaliação da usabilidade nos sistemas de EaD. Um estudo bibliográfico para obter os conceitos relacionados à utilização dos modelos *Markovianos* e seus processos de decisão também foi efetuado.

Na segunda etapa desta pesquisa foi verificada a aderência dos modelos de *Markov* na avaliação da usabilidade de um pré-projeto de sistema para EaD em uma empresa do setor privado. Como o sistema ainda não existia e não havia informações de acessos a serem utilizadas para investigação, foram utilizados Processos de Decisão de *Markov*. Foram gerados 3 modelos para avaliação da usabilidade. A partir dos modelos gerados, foi possível simular, de acordo com as funções e ações definidas, o comportamento do usuário dentro do sistema. Foram encontradas falhas de usabilidade

que puderam ser corrigidas, reduzindo assim o custo de implementação e trazendo maior flexibilidade ao desenvolvedor na correta tomada de decisões para o projeto. No estudo de caso em questão foram efetuados somente com 3 modelos, no entanto seria possível gerar quantos modelos fossem necessários para o agente tomador de decisões, que neste estudo de caso tratou-se de um especialista em usabilidade. Para concluir, é possível afirmar que a utilização de processos de decisão *Markovianos* mostra ser uma boa ferramenta para avaliação de usabilidade em pré-projeto de sistemas.

Na terceira etapa da pesquisa foi efetuado o estudo de caso utilizando o *log* de acessos dos usuários do sistema de EaD da Fundação CECIERJ/Consórcio CEDERJ. O estudo foi efetuado com as informações referentes ao primeiro semestre do ano de 2010 e do primeiro semestre do ano de 2011. Com os resultados do modelo gerado, foram levantadas informações importantes para melhoria ou correção de possíveis falhas na usabilidade do sistema. O modelo de *Markov* permitiu identificar o tempo gasto pelo usuário no uso de cada ferramenta disponibilizada na plataforma, as probabilidades de transição de uma determinada ferramenta para outra, indicando com isso quais as ferramentas mais utilizadas, entender o comportamento do usuário desde o *Login* no sistema até a sua saída (*Logout*) do mesmo. Esses dados permitem que ao desenvolvedor do sistema entender e prover melhorias referentes a usabilidades.

Com as informações fornecidas pelos resultados dos modelos de *Markov* nos estudos de caso apresentados neste trabalho de pesquisa, é possível gerar um relatório com informações quantitativas da usabilidade dos sistemas investigados. Para um resultado mais completo, com resultados qualitativos que atenda a um público mais abrangente, nesta pesquisa optou-se por integrar os resultados das informações obtidas através da inspeção baseada em modelos *Markovianos* com os aspectos abordados na inspeção baseada em taxonomia apresentada por FERREIRA e LEITE (2003).

Os resultados da avaliação permitiram gerar um relatório contendo sugestões de melhorias e descoberta de possíveis falhas na maioria dos itens da taxonomia. Observou-se que nem todos os itens puderam ser avaliados a partir dos resultados gerados pelos modelos *Markovianos*.

Os resultados obtidos mostraram ainda que é possível melhorar a usabilidade do sistema aplicando novas funcionalidades ou efetuando alterações nos acessos existentes.

A utilização de cadeias de *Markov* na avaliação da usabilidade é possível e auxilia na identificação de falhas e necessidades de melhorias tanto em um sistema em pré-projeto

quanto em um sistema já implementado. A combinação do método de inspeção baseado em *Markov* com outro método de inspeção com resultados qualitativos torna a relatório final ainda mais completo. A inspeção da usabilidade é essencial para melhorar aspectos que prejudicam a interação dos usuários.

Pode-se listar como contribuições deste trabalho:

- Verificação de como os recursos disponibilizados por um sistema EaD são acessados e utilizados pelos alunos.
- Prever a necessidade de melhorias na usabilidade do sistema EaD antes que problemas comecem a surgir;
- Avaliar a aderência de critérios de usabilidade em um sistema EaD já desenvolvido e em utilização;
- Identificar o padrão de comportamento de usuários que utilizam um sistema de EaD.

7.1 Trabalhos Futuros

Os resultados da presente pesquisa permitem a identificação de oportunidades de pesquisas mais aprofundadas na avaliação de usabilidade *web* com a utilização da inspeção baseada em modelos *Markovianos*. É importante ainda ressaltar que a plataforma CEDERJ passou por modificações em seu desenvolvimento no ano de 2012, logo, caberia um novo levantamento de dados para inspeção de usabilidade.

Abaixo são listados algumas possibilidades de trabalhos futuros:

- Desenvolvimento de uma ferramenta que automaticamente realizasse o cálculo das probabilidades da cadeia de *Markov*, tomando por base os dados do log de acessos dos usuários de um sistema de EaD;
- Integrar os resultados da inspeção baseada em *Markov* com outros métodos de avaliação de usabilidade qualitativas;
- Realização de novo estudo de caso com os dados da nova plataforma de EaD em utilização do CEDERJ para efeitos de comparação com os resultados deste estudo.;
- Definir um método de avaliação baseado nos resultados dos modelos de *Markov* onde seria possível dar notas para os diversos itens relacionados a usabilidade a fim de comparar as melhorias sugeridas;
- Utilização dos resultados referentes aos modelos *Markovianos* na melhoria da infraestrutura e desempenho do sistema;

- Avaliar outros sistemas Web utilizando o método de inspeção baseado em modelos de *Markov*;
- Avaliar a usabilidade do sistema de EaD de acordo com as tarefas solicitadas aos usuários pelos responsáveis pelas disciplinas.

8 Referências Bibliográficas

- ABED, 2011, *Relatório analítico da aprendizagem a distância no Brasil*, Disponível em: http://www.abed.org.br/censoead/CensoEaDbr0809_portugues.pdf. Acesso em 30 de setembro de 2011.
- ABRAEaD, 2011, Site de Notícias. Disponível em: <http://www.abraead.com.br/noticias.cod=x1.asp>. Acesso em 30 de setembro de 2011.
- AFONSO, G, ROBERTA G., 2010, “Grau de Usabilidade: Um Estudo de Caso do Software Tagcomércio e do Site da TAGSOFT Ltda”. In: *Revista e-Tec*.
- AGRAWAL, R., SRIKANT, R., 1994, “Fast Algorithms for Mining Association Rules”. In: *Proceedings of the 20th international conference on very large databases*, Santiago, Chile.
- ALMEIDA, M. E. B., 2003, “Distance learning on the internet: approaches and contributions from digital learning environments”. In: *Educação e Pesquisa*, São Paulo.
- ALMEIDA, V. P., 2005, *Estratégias Cognitivas para o Aumento da Qualidade do Hiperdocumento para Educação a Distância*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- AMORIN M. J.V., BARONE D., MANSUR A.U., 2008, “Técnicas de aprendizado de máquina aplicadas na previsão da evasão acadêmica”. In: *XIX Simpósio Brasileiro de informática na educação, SBC*.
- ANDRADE, A. L., 2007, “Usabilidade de Interfaces web. Avaliação Heurística no Jornalismo On-line”. In: *Rio de Janeiro E-pappers*.
- ARDITO C., MARSICO, M., LAZILOTTI, R., et al., 2004, “Usability of E-learning Tools”. In: *Proc. AVI 2004. ACM Press*.

- AZEVEDO, M., SANTOS, M., OLIVEIRA, R. O, 2007, “Uso da Cor no Ambiente de Trabalho”. In: *Revista Ergonomia da Percepção*.
- BARBOSA, S., SILVA, B., 2010, *Interação Humano-Computador*, 1a ed., Rio de Janeiro: Elsevier.
- BENICASA, A. e PAIXAO, R., 2006, “Mineração de dados como ferramenta para descoberta de conhecimento”. In: Seminário de Informática, RS.
- BERRY, M.J.A., LINOFF, G., 1997, “Data mining techniques”. In: *New York: John Wiley & Sons*.
- BOOCH, G., 1994, *Object Oriented Analysis and Design with Applications*, 2a ed. California, Addison-Wesley.
- BRAGA, L. P., 2005, “Introdução à Mineração de Dados”. In: *Rio de Janeiro: E-Papers Servicos Editoriais*.
- CEDERJ, 2011, Plataforma de Ensino à Distância. Disponível em: <http://portal.cederj.edu.br/fundacao>. Acessado em Fevereiro de 2011.
- CHAN, S., ROCHA, H. Vi., 1996, “Estudo Comparativo de Métodos para Avaliação de Interfaces Homem-Computador”. Disponível em: <http://www.ic.unicamp.br/~reltech/1996/96-05.pdf>. Acesso em 4 de novembro de 2009.
- COLLIER, K., 1999, “A methodology for evaluating and selecting data mining software”. In: *Hawaii International Conference on System Sciences*.
- COSTA, K.S.; FARIA, G.G., 2008, “EaD: sua origem histórica, evolução e atualidade brasileira face ao paradigma da educação presencial”. In: *14º Congresso Internacional ABED de Educação a Distância*.
- CYBIS, W., 2007, *Ergonomia e Usabilidade*. São Paulo: Novatec.
- CYSNEIROS, L. M., 2001, *Requisitos Não-Funcionais: da Elicitação ao Modelo Conceitual*. Tese de Doutorado, Departamento de Informática, PUC-RJ. Fevereiro de 2001.
- DESHPANDE M, KARYPIS G., 2004, “Selective Markov Models for Predicting Web-Page Accesses”. In: *ACM Transactions on Internet Technology*.
- DIAS, C., 2007, *Usabilidade na Web: Criando portais mais acessíveis*. 2ª edição. Rio de Janeiro : Alta Books.
- DIAS, M. M., 2002, “Parâmetros na escolha de técnicas e ferramentas de mineração de dados”. In: *Acta Scientiarum. Technology*, Ed. EDUEM.

- DILLY, R., 1995, “Data Mining An Introduction”. Disponível em: http://www.pcc.qub.ac.uk/tec/courses/datamining/stu_notes/dm_book_1.html. Acessado em 20 de outubro de 2011.
- DIMURO, G. P., REISER, R. H. S., COSTA A. C. R., *et al*, 2002, “Modelos de *Markov* e Aplicações”. In: *VI Oficina de Inteligência Artificial*, Pelotas: Educat
- ENGELBRECH K.P., GODDE F., HARTARD F. *et al*, 2009, “Modeling user satisfaction with Hidden *Markov* Model”. In: *Proc. of the SIGDIAL*.
- FAYYAD, U. M., PIATESKY. S., SMYTH, P., 1996, “From Data Mining to Knowledge Discovery: An Overview”. In: *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*, AAAI Press.
- FERREIRA, S. B. L., 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, p. 115 – 136, Abril-Junho.
- FERREIRA, S. B. L, NUNES, R. R., 2008, *e-Usabilidade*. 1ª edição, Rio de Janeiro, LTC Editora.
- FONSECA, V., 1995, *Introdução às dificuldades de aprendizagem*. 2ª edição, Porto Alegre: Artes Médicas. 388p.
- FREITAS, K. S., 2005, “Um panorama geral sobre a história do ensino a distância”. In: *Educação à distância no contexto brasileiro: algumas experiências da UFBA*, vol. 1, Salvador: ISP/UFBA.
- GARCIA J., ROMERO C., VENTURA S., *et al.*, 2007, “Drawbacks and solutions of applying association rules mining in learning management systems”. In: *Proceedings of the International Workshop on Applying Data Mining in e-learning (ADML'07)*.
- GASSENFERTH, W., SANTOS, R. C., MACHADO, M. A. S., 2008, “Systems usability evaluation metrics review”. In: *Global Business and Technology Association Conference - GBATA*, Systems Usability Evaluation Metrics Review, Madri, Espanha.
- GIL A.C., 2005, *Como elaborar projetos e pesquisa*, 3ª edição, São Paulo: Atlas.
- GOEBEL, M., GRUENWALD, L., 1999, “A survey of data mining and knowledge discovery software tools”. In: *ACM SIGKDD*, San Diego.

- GOMES, N.S., 2003, “Qualidade de Software - Uma Necessidade”. Disponível em www.esaf.fazenda.gov.br/cst/arquivos/Qualidade_de_Soft.pdf. Acessado em fevereiro de 2011.
- GONÇALVES, L. L., PIMENTA, M. S., 2012, “EditWeb: Auxiliando Professores na Autoria de Páginas Web que Respeitem Critérios de Usabilidade”. In: *Novas Tecnologias na Educação VI No.2*. Disponível em: <http://www.cinted.ufrgs.br/ciclo2/resumoleila.pdf>. Acesso em 25 de fevereiro de 2012.
- HAAN, C. T., 1997, *Statistical Methods in Hydrology*. The Iowa State University Press, Chapter 15, p. 289-312, 1st Ed.
- HAN, J.; KAMBER, M., 2002, “Data Mining: Concepts and Techniques”. In: *Morgan Kaufmann*.
- HAREL A., KENNET R.S. e RUGGERI F., 2008, “Decision support for user interface design: usability diagnosis by time analysis of the user activity”. In: *Proc. Computer Software and Applications Conference (COMPSAC’08)*.
- HAREL, D. S., 1987, “A Visual Formalism for Complex Systems”. In: *Science of Computer Programming*.
- HERMIDA, J. F., 2006, “A Educação à Distância: história, concepções e perspectivas”. In: *Revista HISTEDBR On-line*.
- JACOBSON, I., 1993, “Object-Oriented Software Engineering - a Use Case Driven Approach”. In: *ACM Press*.
- KITAJMA, M; KARIVA, N., TAKAGI, H. and ZHANG, Y., 2005, “Evaluation of website usability using Markov chains and latent semantic analysis”. In: *IEICE Transactions on Communications*.
- KEEGAN, D., 1996, *Foundations of Distance Education*. 3rd ed. London: Routledge.
- KLEINROCK, L., 1975, *Queueing Systems - Theory*, Vol. I. Wiley-Interscience.
- KULPA, C C. , PINHEIRO, E.T., 2011, “A Influência das Cores na Usabilidade de Interfaces através do Design centrado no Comportamento Cultural do Usuário”. In: *Perspectivas em Gestão & Conhecimento*, Nº. Extra 1, p. 119-136.
- LAVERY, D., COCKTON, G., ATKINSON, M. P., 1997, “Comparison of evaluation methods using structured usability problem reports”. In: *Behaviour & Information Technology*.

- LEWIS, C., BRAND C., CHERRY G., *et al*, 1998, “Adapting User *Interface* Design Methods to the Design of Educational Activities”. In: *ACM Press*.
- LUTTEROTH, C., WEBER, G., 2008, “Modeling a realistic workload for performance testing”. In: *Enterprise Distributed Object Computing Conference*, IEEE International.
- MACIEL, C., CIUFFO N. L. , NOGUEIRA J. L. T. *et al*, 2004, “Avaliação Heurística de Sítios na Web”. In: *VII Escola de Informática do SBC - Centro-Oeste*.
- MARTINS A. C. C., 2007, *Projeto de Interfaces Gráficas para Web*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG.
- MEC - MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, Secretaria de Educação a Distância (SEED), 2007, “Referenciais de Qualidade para Educação Superior a Distância”. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/legislacao/refead1.pdf>, Acesso em 30 de setembro de 2011.
- MENASCÉ, D., ALMEIDA, V., FONSECA, *et al.*, 1999, “A methodology for workload characterization of e-commerce sites”. In: *Proceedings of the ACM Conference on Electronic Commerce*, New York.
- MILLER, G. A., 1956, “The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information”. In: *The Psychological Review*. Disponível em: <http://cogprints.org/730/0/miller.html>. Acesso em 12 de outubro de 2009.
- MODESTO, D., 2009, *Criação de um site em JOOMLA! Orientado à usabilidade – o caso do centro de ciências exatas e tecnologia/UNIRIO*. Projeto Final de Graduação. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia.
- MOODLE, 2011. *Course Management System (CMS) [Software]*. Disponível em: www.moodle.org. Acessado em 21 de janeiro de 2011.
- MORAN, J. M., 2002, “O que é Educação à Distância”. Disponível em: <http://www.eca.usp.br/prof/moran/dist.htm>. Acesso em 02 de novembro de 2011.
- MORAN, T., 1981 “The Command Language Grammars: a representation for the user interface of interactive computer systems”. In: *International Journal of Man-Machine Studies*.
- NASCIMENTO, F., CARNIELLI, B., 2009, “Ensino superior: expansão com qualidade”. In: *São Paulo em Perspectiva - SciELO Brasil*.

- NORMAN, D. A., 1986, *User centered systems design*. New York: Lawrence Earlbaum Associates.
- NORMAN, D. A., 1990, *La psicologia de los objetos cotidianos*. Madrid : Nerea.
- NIELSEN, J., 1994, “Heuristic Evaluation”. In: *Usability Inspection Methods*. New York, NY.
- NIELSEN, J., 2000, *Projetando websites*. Rio de Janeiro: Campus.
- NIELSEN, J., LORANGER, H., 2007, “Usabilidade na web: projetando websites com qualidade”, 1ª edição. Rio de Janeiro, Elsevier.
- OLIVEIRA, A. G., GARCIA, D. F., 2005, “Mineração da Base de Dados de um Processo Seletivo Universitário”. Dissertação de Mestrado, Centro Universitário de Formiga. Minas Gerais.
- PAPADIMITRIOU, C. H., TSITSIKLIS, J. N., 1987, “The complexity of *Markov* decision processes”. In: *Mathematics of Operations Research*, v. 12, n. 3, p. 441–450.
- PENEDO, J., DINIZ M., FERREIRA, S. R. L. *et al*, 2011, “Evaluation of Usability in a Remote Learning System Utilizing *Markov* Models”. In: *IADIS WWW/Internet Conference*.
- PENEDO, J., DINIZ M., FERREIRA, S. R. L. *et al*, 2012, “Modelos de *Markov* aplicados na avaliação de Usabilidade de um sistema para educação à distância”. In: *Simpósio Brasileiro de Sistemas da Informação – SBSI*.
- PEREIRA, A., FRANCO, G., SILVA, L., *et al*, 2004, “A hierarchical characterization of user behavior”. In: *Web Congress - Joint Conference Brazilian Symposium on Multimedia and the Web & Latin America*.
- PORTUGAL, C., 2002, “Educação a Distância: do século I ao ciberespaço”. Disponível em: <http://wwwusers.rdc.puc-rio.br/imagen/>. Acesso em 05 de setembro de 2011.
- PRATES, R. O. BARBOSA, S. D. J. , 2003, “Avaliação de *Interfaces* de Usuário: Conceitos e Métodos”. In: *Anais do XXIII Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação*.
- PRATES, R.O., FIGUEIREDO R.M.V., 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*.
- PREECE, J., ROGERS, Y., SHARP, H. , 2005, *Design de Interação: além da interação homem-computador*, 1ª edição, Porto Alegre: Bookman.

- PRESSMAN, R. S., 2004, *Software Engineering: a Practitioner's Approach*, 6a edição, McGraw-Hill.
- PUTTERMAN M. L., 1994, *Markov Decision Processes: Discrete Stochastic Dynamic Programming*. New York, NY: Wiley-Interscience.
- QUEIROZ, J. E. R., 2001, *Abordagem híbrida para a avaliação da usabilidade de interfaces com o usuário*. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.
- ROCHA, H. V., BARANAUSKAS, M. C. C., 2003, “Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador”. Campinas (SP): NIED/Unicamp.
- RODRIGUES R. R. C., CARVALHO S. V., 2012, “Introdução à Modelagem Markoviana e sua Aplicação em Ciências Espaciais”. Disponível em: http://www.lac.inpe.br/ELAC/arquivos/MiniCurso_09ELAC2012.pdf. Acesso em 28 de fevereiro de 2012.
- ROMERO C., VENTURA S., ESPEJO P. G. *et al*, 2008, “Data mining algorithms to classify students”. In: *Proceedings of the 1st International Conference on Educational Data Mining*.
- SANTOS M. L., BECKER, K., 2002, “O uso da mineração de dados na web aplicado a um ambiente de ensino a distância”. In: *I Workshop de Teses e Dissertações em Banco de Dados*.
- SARAIVA, T. A., 1996, “Educação à Distância no Brasil: lições da história”. In: *Revista Em Aberto*, Brasília, nº 70, abr/jun.
- SASSI, R. J., 2006, *Uma Arquitetura Híbrida para Descoberta de Conhecimento em Bases de Dados: Teoria dos Rough Sets e Redes Neurais Artificiais Mapas Auto-Organizáveis*. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SENAC, 2011, Site Inicial. Disponível em: <http://www.sp.senac.br>. Acesso em 30 de julho de 2011.
- SILVA M. P. S., 2003, “Mineração de Dados - Conceitos, Aplicações e Experimentos com Weka”. Disponível em: www.sbc.org.br/bibliotecadigital/download.php?paper=35. Acesso em 2 de outubro de 2011.
- SOARES, J. F., SIQUEIRA, A. L., 2006, *Probabilidade de Variáveis Aleatórias*, 1ª edição, São Paulo: Edusp.

- SOMERVILLE, I., 2007, *Engenharia de Software*, 8a edição, Addison-Wesley.
- STAKE, R. E., 1995, *The art of case study research*, Thousand Oaks, CA.: Sage.
- THIMBLEBLY, H., CAIRNS, P., JONES, M., 2001, “Usability analysis with *Markov Models*”. In: *ACM Trans. Comput. Human Inter.*
- TRINDADE, A. R., 2001, “Educação e Formação a Distância”. In: *Desafios 2001 Challenges 2001 - Actas da II Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação*. Universidade do Minho.
- UNIVESP, 2011, *Universidade Virtual do Estado de São Paulo*. Disponível em: www.ensinosuperior.sp.gov.br/sis/fl/download/livreto_univesp.pdf. Acesso em 30 de julho de 2011.
- VALENTE, J. A., 2003, “Educação a distância no ensino superior: soluções e flexibilizações”. In: *Interface: Comunicação, Saúde, Educação*. Botucatu, v. 7, n. 12, p. 139-148. Disponível em: <http://www.interface.org.br/revista12/debates1.pdf>. Acesso em 11 de novembro de 2011.
- YIN, R.K., 2005, *Estudos de caso: planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman.
- WALKER, D., 1991, *O cliente em primeiro lugar (o atendimento e a satisfação do cliente como uma arma poderosa de fidelidade e vendas)*, 1ª edição, Editora Campus Ltda.
- WILLANSON, M., HANKS, S., 1994, “Optmal planning with a goal-directed utility model”. In: *Proceedings of the second international Conference on AI Planning Systems*, Chicago.
- WINCKLER, M. A. A. 2001, “Avaliação da Usabilidade de Sites Web”. In: *Workshop sobre Fatores Humanos em Sistema Computacionais*.
- WITTEN, I.H., E. FRANK, L. TRIGG, *et al*, 1999, “Weka: Practical machine learning tools and techniques with Java implementations,”. In: *ICONIP/ANZIIS/ANNES'99 International Workshop*, Dunedin.
- WU, X., KUMAR, V., ROSS QUINLAN, *et al.*, 2007, “Top 10 algorithms in data mining”, In: *Knowledge Information Systems*.

ANEXO I

Padrão de Comportamento do Usuário do CEDERJ

Este anexo apresenta o estudo do comportamento de usuários no sistema de Educação à Distância (EaD) do CEDERJ. São estudadas as interações dos usuários quando utilizando o sistema a fim de identificar padrões de comportamento e perfis de utilização.

1. Caracterização dos Usuários

Compreender a natureza e as características de sistemas baseados na Web é um passo crucial no desenvolvimento de sistemas com melhor desempenho, e está diretamente relacionado à qualidade do serviço prestado aos usuários (PEREIRA *et al*, 2004). A caracterização de usuários é uma etapa importante na avaliação de como os recursos disponibilizados são realmente utilizados. Com a caracterização é possível obter informações referentes à qualidade da experiência do usuário.

A caracterização apresentada na presente pesquisa esta baseada nas informações de acesso dos usuários do sistema de Educação à Distância da Fundação CECIERJ / Consórcio CEDERJ.

Como em outros sistemas Web, os sistemas voltados para ensino à distância possuem grandes bases de dados, e efetuar a análise destes dados manualmente é impraticável. A maior dificuldade encontrada na análise dessas bases é a extração de informação útil independente do volume a ser analisado (FAYYAD *et al*, 1996).

As ferramentas e técnicas empregadas para análise automática e inteligente destes imensos repositórios são os objetos tratados pelo campo emergente da descoberta de

conhecimento em bancos de dados (DCBD), da expressão em inglês *Knowledge Discovery in Databases* - KDD (SILVA, 2003).

As técnicas de KDD são utilizadas para, automaticamente, identificar informações úteis em grandes massas de dados. Historicamente, a noção de encontrar padrões em dados tem recebido uma variante de nomenclaturas que incluem: mineração de dados (*data mining*), extração do conhecimento, descoberta da informação, padrão de processamento de dados (FAYYAD *et al*, 1996).

Os resultados obtidos com a utilização das técnicas de KDD podem ser utilizados no gerenciamento de informações, processamento de pedidos de informação, tomada de decisão, controles de processos e em muitas outras aplicações (DIAS, 2002).

A descoberta de conhecimento em bases de dados é fundamentalmente um esforço estatístico. A estatística é capaz de fornecer uma estrutura de resultados quando se deseja pressupor padrões gerais em uma determinada amostra (FAYYAD *et al*, 1996). Isto implica que se podem definir quantitativamente medidas de avaliação para os padrões extraídos do processo.

Qualquer etapa no processo pode resultar em alterações nas etapas anteriores. Isto motiva o desenvolvimento de ferramentas que suportem o processo inteiro de KDD. Ferramentas para descoberta automática de conhecimento precisam ser capazes de analisar os dados “crus” e apresentar uma informação que possa ser entendida por um tomador de decisão (GOEBEL, 1999).

A descoberta de padrões precisa ser validada com novos dados para aumentar e garantir o grau de certeza, além de garantir algum benefício ao usuário ou a tarefa a ser executada (FAYYAD *et al*, 1996).

Identifica-se na literatura alguma confusão na utilização dos termos Descoberta de Conhecimento (KDD) e Mineração de Dados.

A mineração de dados é considerada como uma etapa do processo de KDD (FAYYAD *et al*, 1996). Mineração de dados consiste então, na análise e descoberta de algoritmos que produzem um enumerado de padrões ou modelos sobre os dados. Existem etapas adicionais ao processo de KDD: Preparação, Seleção, Limpeza, incorporação do conhecimento apropriado e interpretação dos resultados. O processo de KDD foca no processo total, incluindo as informações referentes a armazenamento dos dados e como os dados são acessados, como os resultados da mineração podem ser interpretados e visualizados, como o objetivo pode ser modelado e suportado.

Na etapa que trata da limpeza e do pré-processamento dos dados, rotinas tentam suprir valores ausentes, reduzir discrepâncias de valores ruidosos e corrigir inconsistências. Bases de dados são altamente suscetíveis a dados ruidosos (erros e valores estranhos), incompletos (valores de atributos ausentes) e inconsistentes (discrepâncias semânticas) devido a seus típicos volumes. Algumas técnicas podem ser utilizadas para a etapa de pré-processamento (HAN e KAMBER, 2001):

- Ignorar a tupla;
- Suprir valores ausentes (manualmente ou através de uma constante global);
- Utilização da média do atributo para todas as instâncias da mesma classe;
- Utilizar o valor mais provável (regressão, inferência etc.).

O processo de mineração geralmente demanda a integração de dados (combinação de diferentes bases de dados) e a transformação destes (modificações de formato e enriquecimento semântico). Uma integração de dados criteriosa pode reduzir e evitar redundâncias e inconsistências no conjunto de dados resultantes, aumentando a precisão e velocidade do processo de mineração de dados (SILVA, 2003)

Para a correta transformação dos dados pode-se utilizar formatos apropriados a mineração (SILVA,2003):

- Agregação: geração de totalizadores levando em conta determinados atributos ou instâncias. Por exemplo, vendas mensais, anuais, sazonais etc.;
- Generalização: substituição de dados por conceitos de mais alto nível. Idades, por exemplo, podem ser representadas por faixas etárias, localidades por regiões etc.;
- Normalização: atributos são escalonados para uma faixa específica como -1.0 a 1.0, ou 0.0 a 1.0;
- Construção de atributos: novos atributos são construídos a partir de informações pré-existentes (ex.: classificação de crédito a partir de renda e histórico).
- Redução de dados: Agregações, Redução dimensional (detecção e remoção de atributos irrelevantes), Compressão de dados (utilização de mecanismos de codificação para reduzir o tamanho do conjunto de dados), Redução numérica (instâncias)

KDD denota o processo de descoberta de informações como um todo. KDD é um processo não trivial de identificar padrões, informações compreensíveis e

potencialmente úteis. Mineração de dados é a extração desses padrões ou modelos (GOEBEL, 1999), A mineração de dados pode ser considerada uma etapa do processo de KDD. Outras etapas do processo de KDD envolvem:

- Entendimento do domínio aonde será aplicado o KDD de acordo com os objetivos da mineração dos dados;
- Selecionar a série de dados alvos;
- Integrar e checar os dados;
- Limpeza, pré-processamento e transformação dos dados;
- Desenvolvimento do modelo;
- Escolha dos algoritmos de mineração de dados;
- Interpretação e visualização dos resultados;
- Testes e verificação dos resultados;
- Uso do conhecimento descoberto

O núcleo do processo de KDD são os métodos de mineração de dados. Tais métodos podem ser utilizados para diferentes objetivos, dependendo do resultado pretendido no processo total de KDD (GOEBEL, 1999). É importante observar que a mineração de dados não é uma simples técnica, é um método que auxilia a encontrar informações úteis em determinada base de dados.

A mineração de dados fornece a capacidade analítica para identificação de padrões e previsões a partir de dados estratégicos de uma organização (BRAGA, 2005). Alguns processos de KDD focam na etapa de mineração de dados, mas é importante sempre focar o processo como um todo para o sucesso dos resultados (FAYYAD *et al*, 1996).

Os objetivos da descoberta do conhecimento são definidos pelo que se deseja de retorno do sistema. Podem-se distinguir dois tipos de objetivos: verificação e descoberta. Na verificação, o objetivo se limita a verificar as hipóteses. Na descoberta, o objetivo é automaticamente encontrar padrões. A descoberta ainda pode ser dividida em previsão, onde o sistema encontra padrões para prever o futuro comportamento de algumas entidades, e descrição, onde o sistema encontra padrões de forma que facilitem o entendimento para o usuário. Em resumo, a previsão envolve o uso de algumas variáveis ou campos do banco de dados para prever valores desconhecidos ou futuras

variáveis de interesse. A descrição foca em encontrar padrões que possam ser interpretados pelos usuários (FAYYAD *et al*, 1996).

Os métodos de mineração de dados são baseados em testes e técnicas de aprendizado de máquina, reconhecimento de padrões e estatísticas, tais como, classificação, segmentação (clustering), regressão (FAYYAD *et al*, 1996; GOEBEL, 1999).

Na Tabela 1 são apresentados alguns exemplos de utilização dos métodos listados.

Tabela 1 – Exemplos de utilização dos métodos de mineração de dados (Dias, 2002)

Tarefa	Exemplos
Classificação	Classificar pedidos de crédito; Esclarecer pedidos de seguros fraudulentos; Identificar a melhor forma de tratamento de um paciente;
Estimativa	Estimar o número de filhos ou a renda total de uma família Estimar o valor em tempo de vida de um cliente Estimar a probabilidade de que um paciente morrerá baseando-se nos resultados de diagnósticos médicos Prever a demanda de um consumidor para um novo produto
Associação	Determinar que produtos costumam ser colocados juntos em um carrinho de supermercado
Segmentação	Agrupar clientes por região do país Agrupar clientes com comportamento de compra similar Agrupar seções de usuários web para prever o comportamento futuro de usuário
Sumarização	Tabular o significado e desvios padrão para todos os itens de dados Derivar regras de síntese

A seleção das técnicas de mineração de dados podem ser divididas em dois passos (BERRY e LINOFF, 1997):

1. Traduzir o problema a ser resolvido de acordo com os métodos de mineração disponíveis;
2. Compreender a natureza dos dados disponíveis em termos de conteúdo, tipos de campos dos dados e estrutura das relações entre os registros.

Quatro critérios de avaliação podem ser utilizados para verificar a melhor ferramenta de mineração de dados (COLLIER, 1999).

a) Desempenho: refere-se a habilidade de manipular os dados de maneira eficiente.

A escolha do algoritmo de mineração de dados está implicitamente ligada a este critério, onde a escolha de determinado algoritmo pode ser mais eficiente que outros. Este critério foca nos aspectos qualitativos da ferramenta de mineração de dados.

- b)Funcionalidade: refere-se a variedade de técnicas, capacidades e metodologias para a mineração de dados. A avaliação deste critério está voltada a capacidade de adaptação da ferramenta a diferentes domínios da mineração de dados.
- c)Usabilidade: refere-se a capacidade da ferramenta ser utilizada em diferentes níveis e tipos de usuários sem perda da funcionalidade. Uma boa ferramenta deve fornecer parâmetros significativos para ajudar e guiar o usuário a depurar problemas e melhorar a mineração dos dados.
- d)Suporte de atividades: refere-se a capacidade da ferramenta de prover requisitos para que o usuário possa desenvolver o correto processo de KDD. A ferramenta deve permitir que o usuário efetue limpeza, manipulação, transformação, visualização de dados e outras tarefas para suporte a mineração dos dados.

2. Trabalhos Relacionados

A mineração de dados é muito utilizada para auxílio à tomada de decisão de sistemas que utilizam como meio a Web. As técnicas de mineração de dados foram utilizadas para descobrir e analisar as interações de usuários com um ambiente de educação à distância analisando a navegação dos usuários (SANTOS e BECKER, 2002). Com o resultado do trabalho o autor deseja contribuir com uma taxonomia de acessos para associar padrões na execução de atividades propostas durante o curso e análise de melhores templates de navegação.

GARCIA *et al* (2007) efetuou a mineração de dados com objetivo de aperfeiçoar conteúdos de um portal educacional por meio da descoberta dos conteúdos que mais interessam aos usuários para prover feedback aos autores de cursos.

ROMERO *et al* (2008) desenvolveu uma ferramenta para minerar e apresentar visualmente dados de navegação dos usuários. A mineração de dados foi utilizada para descobrir padrões de sequências de trilhas visitadas. Como resultado, os autores apresentaram um grafo em que as páginas web são os nodos e as linhas indicam o sentido do acesso ou navegação entre um nodo e outro, com números indicando a probabilidade de cada ligação. O objetivo é auxiliar aos professores e os desenvolvedores de materiais educacionais na interpretação dos dados.

OLIVEIRA e GARCIA (2005) utilizou a mineração de dados em um estudo sobre o perfil dos candidatos que se inscreveram em um processo seletivo. Para tal, aplicaram

um questionário sócio-econômico-cultural cujos dados foram minerados em dois experimentos distintos utilizando regras de associação. Os resultados permitiram identificar diferentes públicos, relacionando regiões de origem, poder aquisitivo, meios de comunicação mais eficazes e motivos mais significativos. O objetivo é ajudar nas ações de marketing voltadas a divulgação da instituição, especificamente do processo seletivo.

AMORIN *et al* (2008) utilizou técnicas de mineração de dados para prever a evasão em cursos à distância. Foram consideradas informações acadêmicas gerais e financeiras dos alunos. O trabalho de AMORIN *et al* (2008) tem cunho administrativo, objetivando descobrir padrões de risco de abandono nos cursos de EaD.

3. Processo de Descoberta do Conhecimento - KDD

a) Entendendo o Domínio

Por se tratar de uma pesquisa acadêmica, considerou-se como principal domínio do problema a identificação do perfil dos usuários que acessam um sistema de educação à distância.

b) Extração dos Dados

A extração dos dados no processo de KDD deve visar à aplicação, logo nesta etapa pode ser necessária à integração e compatibilização de bases de dados (DILLY, 1995).

Para realização deste processo de KDD, nos foi disponibilizado pela Fundação CECIERJ / Consórcio CEDERJ bases de dados contendo informações relativas aos dados cadastrais dos usuários (matricula, sexo, idade, CR, situação, município de origem, curso, universidade, pólo) e informações relativas aos tipos de acessos dentro do sistema (data, hora, disciplina, ferramenta utilizada, ação, perfil, matricula, curso, pólo).

Os dados relativos aos acessos correspondem ao log contendo o primeiro semestre do ano de 2010 e o primeiro semestre do curso de 2011 sendo disponibilizados através de base de dados SQL e planilhas do Excel (dados cadastrais).

Nesta etapa ocorreu a necessidade de junção das informações entre os dados referentes aos acessos ao sistema e os dados cadastrais. Essa junção foi executada utilizando o campo referente à matrícula do usuário.

c) Limpeza e Pré-Processamento

Nesta etapa foi verificada a parte de inconsistência dos dados em nível de valores ausentes, discrepância de valores, entre outros. Levando-se em conta o tamanho da base de dados a ser analisada (acima de 15 milhões de linhas) ocorreu a necessidade de utilização de um aplicativo de auxílio para conclusão desta etapa.

Diversos aplicativos de mineração de dados estão disponíveis para utilização. Para escolha do melhor aplicativo utilizou-se os seguintes critérios de avaliação:

- Aplicativo deve possuir o tipo de licenciamento “free” ou GNU;
- Possuir extensa documentação disponível;
- Abranger o maior número de algoritmos de mineração de dados;
- Atender a maior número de métodos de mineração de dados;

Foram avaliados para esses critérios sete aplicativos, segundo Tabela 2:

Tabela 2 – Aplicativos para Mineração de Dados

Aplicativo	Avaliação	Link
Illimine	Software livre, Pouca documentação disponível	http://illimine.cs.uiuc.edu/download/
InfoCodex	Software livre, Pouca documentação disponível	www.infocodex.com/
Polyanalyst	Software livre, Pouca documentação disponível	www.megaputer.com/polyanalyst.php
KDB2000	Software livre, Pouca documentação disponível	www.di.uniba.it/~malerba/software/kdb2000
Statistica	Software comercial, farta documentação	http://www.statsoft.com/
KNIME	Limitado	www.knime.org
WEKA	Farta documentação, atende vários métodos, atende vários algoritmos	www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka

O aplicativo que obteve melhor retorno diante dos critérios de avaliação foi o aplicativo WEKA. O aplicativo (ou ferramenta) WEKA - Waikato Environment for Knowledge Analysis é implementada em Java e possui documentação completa sobre todos os algoritmos implementados. A ferramenta possui funcionalidades desde o pré-processamento até a etapa de mineração dos dados, contemplando diversos algoritmos e métodos (WITTEN *et al*, 1999).

A ferramenta foi desenvolvida pela universidade de Waikato na Nova Zelândia e possui código aberto sob o licenciamento GNU (General Public License). Outras características importantes são a *interface* gráfica de fácil utilização e sua utilização em diferentes plataformas (Figura 1).

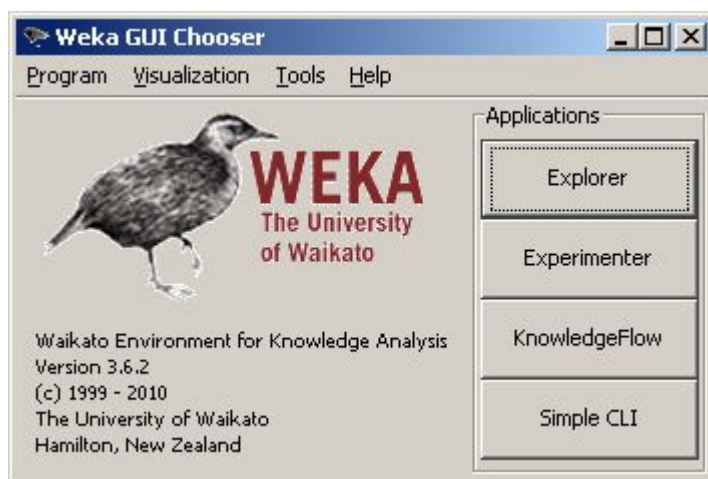


Figura 1 – Aplicativo Weka (WITTEN, 1999)

A primeira etapa na utilização da ferramenta é a preparação do arquivo contendo os dados selecionados. A ferramenta WEKA trabalha com arquivos no formato ARFF (Attribute-Relation File Format), formato padrão de arquivo texto utilizado para representar dados (OLIVEIRA e GARCIA, 2005).

A primeira limpeza necessária encontrada na geração do arquivo foi a retirada das linhas onde o sistema não gerou o atributo “cod_ferramenta”. É através desse atributo que identificamos as ações dos usuários na utilização do sistema. Também foi necessário efetuar uma limpeza no campo “DATANASCIMENTO” e “SEXO”, onde foram encontrados dados sem preenchimento (0,005% do total de dados).

d) Transformação dos Dados

Nesta etapa é executada a padronização dos dados para suprir possíveis limitações nas técnicas da etapa de mineração de dados. Embora o processo de KDD possa ser executado sem esta fase, os resultados obtidos com a execução da mesma acabam por facilitar a construção do modelo (SASSI, 2006).

As vantagens de se padronizar um atributo são: melhorar a compreensão do processo de descoberta, redução do tempo de processamento para o algoritmo. Os dados podem ser então padronizados por faixas de valores (SASSI, 2006).

A transformação de dados foi aplicada no mês de Fevereiro de 2010 e 2011 por apresentar o maior número de requisições de serviço por sessão (Figura 4.2) e de usuários ativos no sistema (Tabela 4.3). O tempo médio que o usuário permaneceu conectado a plataforma, tanto em 2010 quanto em 2011 no mês analisado foi de 57 minutos. O intervalo médio entre requisições foi de 6 segundos.

Foi necessário efetuar a modificação de alguns campos na intenção de discretizar (criar faixas de dados) a base de dados. A discretização é necessária para a fase da utilização de algoritmos de mineração.

Para o campo CR (Coeficiente de Rendimento), foi utilizado as seguintes faixas:

- RUIM entre 0.0 e 4,99;
- REGULAR – CR entre 5.0 e 6,99;
- BOM – CR acima de 7.0.

Para o campo Idade:

- IDADE1 – Idade entre 0 e 28 anos (inclusive);
- IDADE2 – Idade acima de 28 anos.

Para o campo “ferramentas”, foram criadas faixas de acordo com o tipo de ferramenta disponibilizada na plataforma. A plataforma CEDERJ disponibiliza 81 diferentes ferramentas a serem utilizadas. De acordo com a pesquisa, das 81 ferramentas somente 25 são realmente utilizadas pelos usuários (todos os cursos avaliados), conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Faixas criadas para o campo “ferramentas”

Faixa	Tipo de Ferramentas
Administrativas	Login, Logout, Perfil
Disciplinas	Sl. Disciplina, Material Complementar, Gerenciador de Arquivos, Participantes, Aulas na Web, Guia de Disciplina, Calendário das Práticas, Atividades, Avaliações e Gabaritos, Exercícios Complementares, Mat. Didático
Comunicação	Sl Tutoria, sl conferencia, Aviso, Mural, Mural dos polos, Mural do Curso, Fale conosco
Aplicativos	Forum, E-mail, Blog, Wiki

Foi necessário discretizar também campos relacionados à data, hora e quantidade de acessos.

Campo data:

- QUINZENA1 (até o dia 15, inclusive)
- QUINZENA2 (do dia 16 em diante)

Campo hora:

- MADRUGADA (de 23h às 05:59h)
- MANHÃ (de 6h às 11:59h)
- TARDE (de 12h às 17:59h)
- NOITE (de 18h às 22:59h)

O campo acesso diz respeito à quantidade de requisições enviadas a plataforma durante o mês. Neste caso, foram criadas as faixas:

- PEQUENO (até 20 requisições/mês);
- MÉDIO (de 20 à 50 requisições/mês);
- GRANDE (de 50 a 100 requisições/mês);
- SUPERIOR (acima de 100 requisições / mês).

e) Objetivos X Mineração dos Dados

Esta etapa é auxiliar a etapa seguinte no intuito de confrontar o objetivo da utilização da mineração de dados com o que se espera de resultado da mesma.

Seguindo o objetivo de identificar perfis de usuários que utilizam o sistema de EaD e com base em outros trabalhos relacionados ao tema, a mineração de dados poderá auxiliar através de métodos como a associação. Regras de associação podem ser utilizadas para encontrar relacionamentos ou padrões frequentes em um conjunto de dados (SILVA, 2003). A escolha de um algoritmo de associação segue o objetivo de identificar relações entre os atributos ou a presença de padrões entre os dados que possam influenciar a tomada de decisões.

f) Escolha do Algoritmo

O algoritmo escolhido para minerar os dados do sistema foi o denominado Apriori (AGRAWAL e SRIKANT, 1994). O algoritmo foi escolhido por ser citado como o de melhor desempenho dentre os algoritmos de associação (WU *et al*, 2007). Esse algoritmo efetua diversas buscas no banco de dados à procura de associações entre itens.

É importante ressaltar que o algoritmo selecionado aceita campos nominais e não aceita campos com atributos numéricos (BENICASA e PAIXAO, 2006). Ao executar as varreduras na base de dados, o algoritmo gera um conjunto de itens “candidatos” e, em seguida, verifica se os “candidatos” satisfazem o suporte mínimo estipulado (SILVA, 2003).

g) Interpretação dos Padrões

Utilizando para correlação o atributo “Sexo”, é possível listar diferenças entre os usuários dos cursos. Os cursos de pedagogia, licenciatura em pedagogia e ciencias biológicas possuem predominância de alunos do sexo feminino, enquanto os cursos de matemática, física, computação, administração e história apresentam predominância de alunos do sexo masculino. Os cursos de turismo e química são os que apresentam menor diferença entre usuários de ambos os sexos (Figura 4).

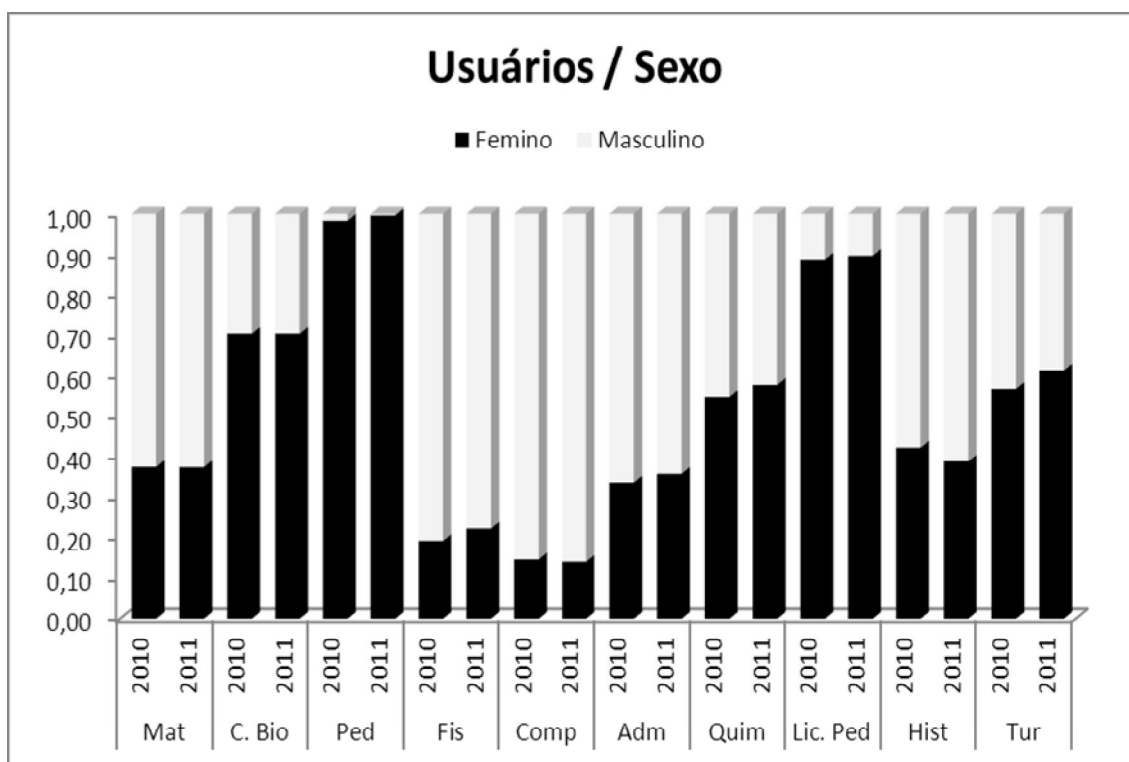


Figura 4 – Usuários da plataforma de acordo com o sexo

É importante observar que apesar do aumento médio de 16% no número de usuários ativos no sistema entre 2010 e 2011, o gráfico mostra similaridade dos usuários com relação ao atributo “sexo”.

Com relação à “idade”, na maioria dos cursos apresentam usuários com idade superior a 28 anos (Figura 5). Chama atenção os cursos de pedagogia, licenciatura em pedagogia e história, a quantidade de usuários com mais de 28 anos (70%). Novamente não ocorreram grandes mudanças de perfil entre 2010 e 2011 em se tratando do atributo “idade”.

Com relação ao campo “CR”, há predominância nas faixas Ruim (0,0 até 4,99) e Regular (5,0 até 6,99). A exceção é o curso de licenciatura em pedagogia onde a média de usuários com CR do tipo Bom ultrapassa 50% em 2010 (Figura 6). Alguns cursos apresentados na Figura 6 apresentam diferenças entre os anos de 2010 e 2011 com relação a CR. No curso de matemática, ano de 2010, 90% dos usuários apresentavam CR do tipo Ruim, em 2011 essa média diminuiu para 70%. Na maioria dos cursos verificou-se um aumento na média de usuários com o CR do tipo Bom comparando 2010 e 2011, exceto os cursos de licenciatura pedagogia e pedagogia, onde os usuários com CR do tipo Bom diminuíram em 30%.

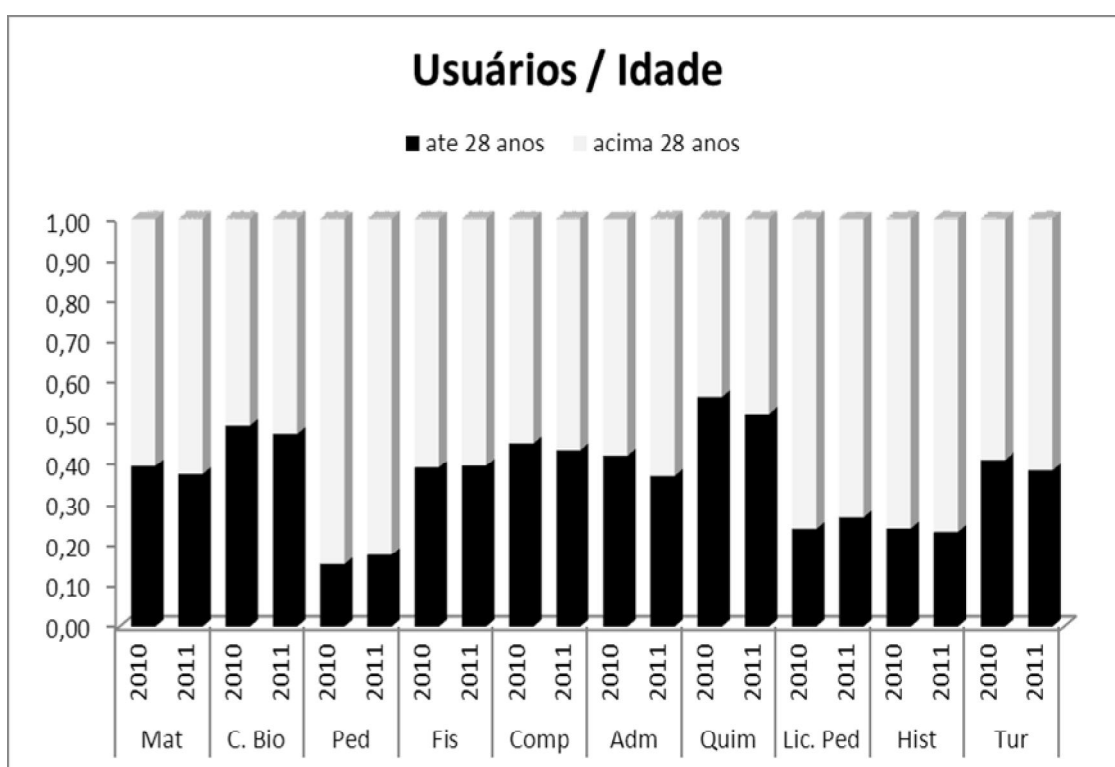


Figura 5 – Usuários da plataforma de acordo com a idade

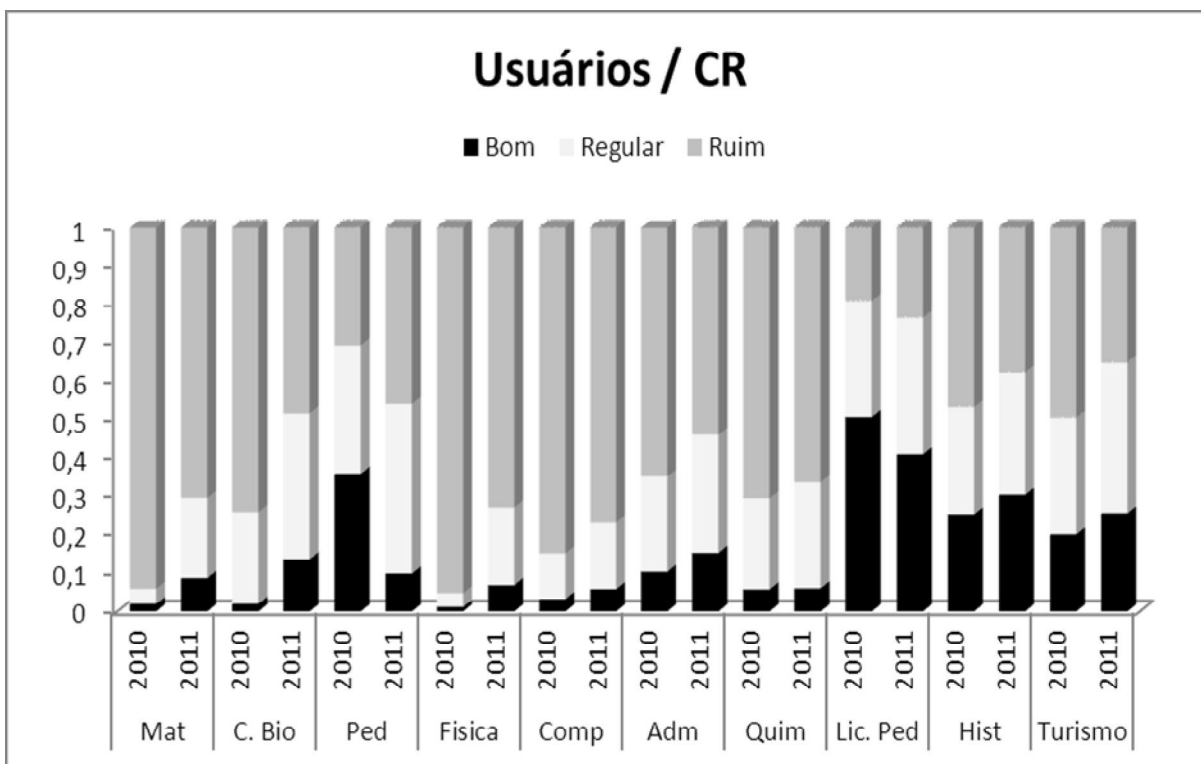


Figura 6 – Usuários da plataforma de acordo com o CR

O campo “Escola” apresenta a informação sobre a escola originária do usuário. Na maioria dos cursos da plataforma CEDERJ, os usuários são oriundos de escolas Estaduais ou Particulares (Figura 7). É possível verificar que o percentual relativo a “Não Informado”, que significa o não preenchimento deste campo, diminuiu relativamente em 2011 com relação ao ano de 2010.

4. Padrões de Comportamento

De acordo com as características encontradas até o momento, foi traçado o padrão de usuário que utiliza a plataforma CEDERJ através das informações encontradas nos anos de 2010 e 2011: 52% é do sexo Feminino, 63% tem idade acima de 28 anos, 58% tem CR Ruim e 46% são oriundos de escola Estadual. O índice referente à escola originária foi o único a apresentar uma média menor que 50%. Provavelmente, isto ocorreu devido ao não preenchimento deste campo em 2010 por um número elevado de usuários.

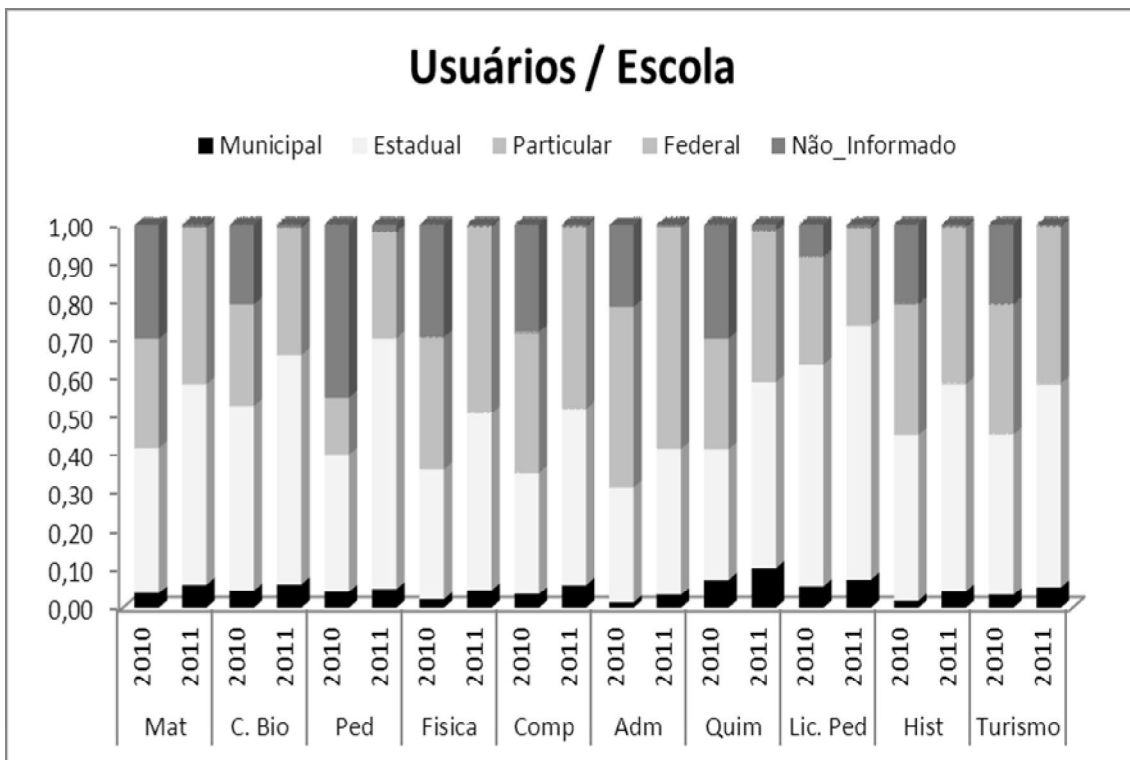


Figura 7 – Usuários da plataforma de acordo com a idade

É importante observar que o padrão do usuário encontrado é similar ao padrão de usuário identificado pela pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Educação à Distância (ABED), apresentada no Capítulo 3 e realizada através de questionários onde o espaço de pesquisa foi o ano de 2008. Tanto na pesquisa da ABED quanto no processo de descoberta realizado neste trabalho de pesquisa, o curso voltado para a formação de professores forma o maior grupo de usuários do Ensino à Distância. Outro dado que apresenta similaridade é o referente ao sexo (sexo feminino predominante) e a idade (acima de 28 anos predominante).

Como o objetivo deste trabalho de pesquisa é descobrir o padrão do comportamento do usuário no sistema é importante que seja verificado como ocorrem as interações realizadas pelos usuários quando acessando a plataforma. O log contendo tais interações possui mais de 15 milhões de linhas de dados. Esses milhões de informações independentes precisam ser simultaneamente analisados para se chegar a algum resultado (GOEBEL, 1999), o que justifica a utilização do processo de KDD.

O algoritmo Apriori foi aplicado no log dos usuários pertencentes ao padrão encontrado (sexo feminino, idade acima de 28 anos, CR Ruim e oriundo de escola

estadual) e gerou as regras que indicam como se comportam os alunos que mais utilizam a plataforma CEDERJ (Figura 8).

O algoritmo foi aplicado utilizando-se os parâmetros padrões da ferramenta WEKA, com exceção da quantidade de regras que foi aumentada de 10 regras (padrão do algoritmo no WEKA) para 30 regras. A base de dados gerada possui 424.486 instâncias com um suporte mínimo de 10%. Entretanto, só foram descobertas 19 regras, dentre as quais merecem destaque:

- As regras indicaram usuários cujo campo acesso foi indicado como “superior”, ou seja, realizam acima de 100 requisições a plataforma por mês;

- A regra três aponta que os usuários utilizam as ferramentas de comunicação, o fazem na primeira quinzena do mês. A regra quinze aponta que as ferramentas Administrativas são mais utilizadas na segunda quinzena do mês. Já as regras sete e dezenove indicam que as ferramentas de Disciplina são muito utilizadas durante todo o mês, não importando a data;

- As regras não apontaram nenhuma tendência em relação à utilização das ferramentas relacionadas a aplicativos (por exemplo, uso de e-mail, fórum, etc). Isto se deve ao fato das ferramentas serem pouco utilizadas na plataforma (14% de utilização).

- Com relação ao período do dia, as regras apontam a maior utilização da plataforma nos períodos da tarde e da noite. A única exceção é apontada pela regra 18, na primeira quinzena do mês ocorreu maior quantidade de acessos na parte da manhã.

5. Considerações Finais

Os resultados das primeiras etapas mostram que entre os cursos existem diferenças nos perfis de usuários que mais utilizam o sistema EaD. Por exemplo, nos cursos de pedagogia e licenciatura em pedagogia existe a predominância do sexo feminino. Nos cursos de física, matemática e computação a predominância é a do sexo masculino.

Com relação à idade, em todos os cursos ocorre a predominância por usuários acima de 28 anos. O curso de pedagogia é o que apresenta a maior proporção de utilização por usuários nesta faixa de idade (85%). Com relação ao CR, a faixa predominante nos cursos é a Ruim (entre 0 e 4,9). A exceção ocorre no curso de licenciatura em pedagogia e pedagogia, onde a proporção de usuários com CR Bom (5.0 e 6,99) e CR Regular (acima de 7,0) ultrapassam os de CR Ruim.

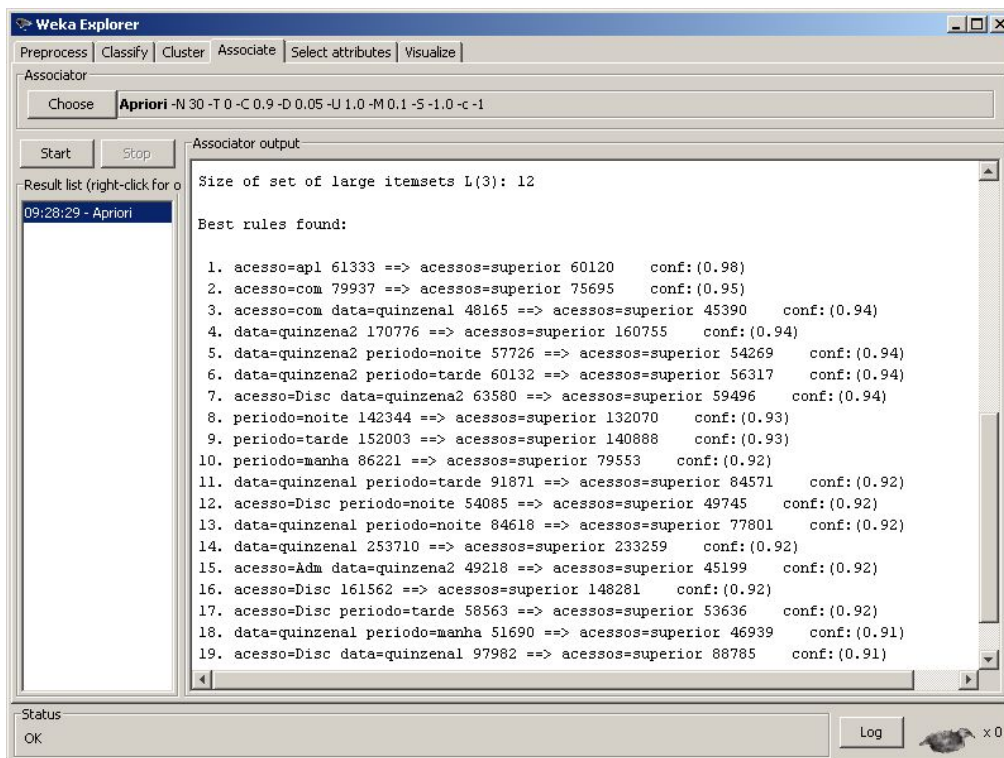


Figura 8 – Regras descobertas com o algoritmo Apriori

Um ponto comum a todos os cursos diz respeito à escola de onde o usuário é oriundo. Em grande parte dos cursos a escola estadual é apresentada como maioria.

O padrão apontado pelo estudo mostra que a maioria dos usuários que utiliza o sistema é oriundo de escolas estaduais, possuem CR Ruim (entre 0 à 4,9), sexo Feminino e idade acima de 28 anos. Na etapa final, utilizou-se de regras de associação para descobrir como os usuários do padrão se adaptam e/ou se comportam ao utilizar o sistema. O algoritmo Apriori foi aplicado ao acesso (424.486 instâncias) de todos os usuários do sistema que possuem o perfil padrão. O resultado mostrou que esses também são os usuários que mais enviam requisições/ações ao sistema (acima de 100).

As regras descobertas apontam para uma tendência maior de utilização das ferramentas disponibilizadas pela plataforma que dizem respeito aos cursos, sendo as ferramentas relacionadas a aplicativos pouquíssimas utilizadas. Outra descoberta foi relacionada ao horário de maior utilização (tarde e noite). Com relação ao dia do mês, não existem períodos com maior ou menos utilização, no entanto, as regras apontam uma tendência maior de utilização das ferramentas relacionadas à comunicação na primeira quinzena do mês.