



UNIVERSIDADE ESTÁCIO DE SÁ

CESAR RIBEIRO DE ARAUJO

**AVALIAÇÃO DOS GRAUS DE IMPORTÂNCIA DOS CRITÉRIOS ERGONÔMICOS
PARA A INTERAÇÃO HOMEM-COMPUTADOR**

RIO DE JANEIRO

2007

CESAR RIBEIRO DE ARAUJO

**AVALIAÇÃO DOS GRAUS DE IMPORTÂNCIA DOS CRITÉRIOS ERGONÔMICOS
PARA A INTERAÇÃO HOMEM-COMPUTADOR**

Dissertação apresentada à banca examinadora do Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial da Universidade Estácio de Sá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Empresarial.

Orientador: Prof. Jesús Domech More, D.Sc.

Rio de Janeiro

2007

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A663

Araujo, Cesar Ribeiro de
Avaliação dos graus de importância dos critérios ergonômicos para a interação
homem-computador. / Cesar Ribeiro de Araujo. - Rio de Janeiro, 2007.

127 f.

Dissertação (Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial) –
Universidade Estácio de Sá, 2007.

1.Ergonomia. 2.Tecnologia da informação. 3.Conjuntos difusos. 4.Projeto de
sistemas. I. Título.

CDD 620.82



UNIVERSIDADE

Estácio de Sá

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ADMINISTRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO EMPRESARIAL**

A dissertação

***AVALIAÇÃO DOS GRAUS DE IMPORTÂNCIA DOS CRITÉRIOS
ERGONÔMICOS PARA A INTERAÇÃO HOMEM-COMPUTADOR***

elaborada por

CESAR RIBEIRO DE ARAUJO

e aprovada por todos os membros da Banca Examinadora foi aceita pelo Curso de Mestrado Profissional em Administração e Desenvolvimento Empresarial como requisito parcial à obtenção do título de

MESTRE EM ADMINISTRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO EMPRESARIAL

Rio de Janeiro, 05 de setembro de 2007

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jesús Domech Moré

Presidente
Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Antônio Augusto Gonçalves

Universidade Estácio de Sá

Prof. Paulo Sérgio Coelho, D.Sc.

IBMEC

DEDICATÓRIA

Aos meus pais in memoriam; aos meus irmãos pelo apoio e pela compreensão nos momentos de ausência; aos meus filhos e esposa por serem a fonte de todas as minhas inspirações para a realização deste trabalho;

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Jesús Domech Moré, pela dedicação, profissionalismo, objetividade, competência e, sobretudo, paciência durante os períodos de aula e os meses de preparação desta dissertação.

À Professora Vera Simonetti pelo apoio ao capítulo de Metodologia.

Ao Professor Antônio Augusto Gonçalves, gerente de informática do INCA onde, com sua permissão, foram realizadas as primeiras pesquisas que possibilitaram dar início a este trabalho.

Aos coordenadores, professores e funcionários das Faculdades Estácio de Sá pela dedicação e paciência desde as primeiras aulas.

A Cezar Cheng e demais funcionários do INCA que viabilizaram a execução das pesquisas e abriram mão do seu tempo para apoiar este estudo.

A Jorge Maciel e demais funcionários da Divisão de Administração de Dados da DATAPREV onde, com seu entusiasmo e interesse pelo assunto, foram realizadas as pesquisas subseqüentes para a complementação deste trabalho.

À direção da DATAPREV que, com sua política de incentivo à pós-graduação, viabilizou a realização deste curso, sob o ponto de vista financeiro além da concessão do tempo necessário à freqüência às aulas diurnas e à elaboração desta dissertação.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste estudo.

RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo avaliar o grau de importância dos critérios ergonômicos utilizados pelos profissionais de tecnologia da informação (TI), para tratar a relevância da usabilidade das interações homem-computador (IHC). Inicialmente é feita uma revisão bibliográfica onde são abordadas: a teoria ergonômica; a teoria da usabilidade; a integração homem-computador; as Metodologias de Desenvolvimento de Sistemas (MDS) e a teoria dos conjuntos difusos. Este estudo trata as opiniões dos desenvolvedores de sistemas de duas instituições governamentais, uma da área de saúde, Instituto Nacional do Câncer (INCA) e outra da previdência social, Empresa de Tecnologia e Informações da Previdência Social (DATAPREV). A hierarquização dos critérios ergonômicos - aqueles já validados pelo mercado aos quais estão associados os *checklists* do *ErgoList*, define em quais deles os profissionais de TI devem concentrar maiores esforços ao tratarem a usabilidade das interfaces de *software* nos projetos de sistemas de suas empresas. O *Ergolist* resulta da colaboração entre o SoftPólis, núcleo Softex-2000 de Florianópolis, e o Laboratório de Utilizabilidade da Universidade Federal de Santa Catarina (LabiUtil). Os critérios são dezoito. O modelo Rocha estendido é utilizado para agregar as opiniões dos desenvolvedores. Para que se possa evitar concentração de esforços em critérios ergonômicos com pouca importância para os aplicativos dessas organizações, faz-se necessário classificá-los por ordem de importância. A teoria dos conjuntos *fuzzy*, é, entre outras, a ferramenta mais indicada para realizar esta avaliação uma vez que esses critérios constituem expressões lingüísticas carregadas de incertezas e esta teoria é utilizada para tratar a ambigüidade que pode ser encontrada na definição de um conceito ou no sentido da palavra. O modelo criado vai permitir conhecer qual a similaridade existente entre as opiniões dos desenvolvedores da DATAPREV e do INCA quando eles opinam sobre os critérios. Finalmente são apresentadas conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

Palavras-chave: Ergonomia; Usabilidade; Conjuntos *fuzzy*; Similaridade.

ABSTRACT

The goal in this dissertation is to determine the degree of importance of the ergonomic criteria used by the IT (Information Technology) professionals to handle the usability relevance of the human-computer interaction (HCI). At first, a bibliographic review is introduced, where the following topics are addressed: the theory of ergonomics; the theory of usability; the human-computer interaction; the System Development Methodologies (SDM) and the theory of fuzzy sets. This study addresses the opinions of the system developers at two governmental institutions, one of them is in the health sector, Instituto Nacional do Câncer (INCA), and the other is in the social security field, Empresa de Tecnologia e Informações da Previdência Social (DATAPREV). The ergonomic criteria hierarchization – those already validated by the market – to which the ErgoList checklists are associated, establishes in which of them the IT professionals should focus more efforts when handling the software interface usability in the design of systems in their businesses. ErgoList results from the collaboration of SoftPólis, the Softex-2000 core in Florianópolis, and the Usability Lab LabUtil at Santa Catarina Federal University. There are 18 criteria. The extended Rocha model is used to aggregate the developers view. It is necessary to rank the ergonomic criteria based on importance to avoid concentrating efforts on ergonomic criteria not so important for these organization applications. The theory of fuzzy sets is the most indicated tool, among others, to carry out this evaluation, once these criteria constitute linguistic expressions carried with uncertainties, and this theory is used to handle the ambiguity that may be found in the definition of a concept or in the meaning of a word. The model created will allow us to know what the similarity in the developers view working at DATAPREV and INCA is, when they give an opinion about the criteria. Finally, conclusions and suggestions are presented for future works.

Keywords: Ergonomics; Usability; Fuzzy Sets; Similarity

LISTA DE SIMBOLOS E NOMENCLATURAS.

ABERGO – Associação Brasileira de Ergonomia
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AET – Análise Ergonômica do Trabalho
CMM – *Capability Maturity Model*
CRT - Tubo de Raios Catódicos
DATAPREV – Empresa de Tecnologia e Informações da Previdência Social
GUI – *Graphic User Interfaces*
HCI – Interação Homem-Computador (*Human-Computer Interaction*)
IEA – *International Ergonomics Association*
INCA – Instituto Nacional do Câncer
INRIA – *Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique*
INSS – Instituto Nacional de Seguridade Social
ISO – Organização Internacional de Normalização (*International for Standardization Organization*)
LabiUtil – Laboratório de Utilizabilidade da Informática da UFSC
MDS – Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas
MIT – Instituto de Tecnologia de *Massachussets*
MPS – Ministério da Previdência Social
NBR – Norma Brasileira
OMS – Organização Mundial da Saúde
PMBOK – *Project Management Body of Knowledge*
PMI-MG – *Project Managent Institute* – Minas Gerais
SDLC – *Systems Development Life Cycle*
SDM – *System Development Methodologies*
SEI – *Software Engineering Institute*
SOFTEX - Fundação *Excellence in software*
SUS – Sistema Único de Saúde
TI – Tecnologia da Informação
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	14
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo geral	15
1.2.2	Objetivos específicos	15
1.3	JUSTIFICATIVA	15
1.3.1	Em relação ao mercado	15
1.3.2	Em relação à Academia	16
1.3.3	Pessoal	16
1.4	HIPÓTESES/QUESTÕES	17
1.5	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	INTERFACE	18
2.2	ERGONOMIA	19
2.2.1	Critérios ergonômicos	20
2.2.2	Contextualizando a ergonomia a partir das suas origens	22
2.2.3	Domínios de especialização	23
2.3	ERGONOMIA COGNITIVA	26
2.3.1	Ergonomia cognitiva na interface de software	27
2.4	USABILIDADE	29
2.4.1	Tipos de problemas de usabilidade	36
2.5	INTERAÇÃO HOMEM-COMPUTADOR	37
2.6	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES	38
2.6.1	Metodologia de desenvolvimento de sistemas	38
2.6.2	Ciclo de vida de sistemas	38
2.6.3	Ciclo de vida dos projetos	39

2.7	A FAMÍLIA NBR ISO 9000	40
2.8	SISTEMAS <i>FUZZY</i>	40
2.8.1	A decisão <i>fuzzy</i>	43
3	METODOLOGIA	46
3.1	ABORDAGEM	46
3.2	TIPOLOGIA DA PESQUISA	46
3.3	MÉTODO DE ABORDAGEM	48
3.4	MÉTODO DE PROCEDIMENTOS	48
3.5	AMOSTRA	49
3.5.1	Local de realização das pesquisas	49
3.5.2	Localização das empresas	49
3.6	MÉTODO DE COLETA DE DADOS	50
3.6.1	Apresentação do questionário	50
3.6.2	Caracterização do INCA	50
3.6.3	Caracterização da DATAPREV	51
3.7	APLICAÇÃO DO MODELO	52
3.7.1	Determinação das variáveis lingüísticas	52
3.7.2	Elaboração do questionário	52
3.7.3	Escolha dos conjuntos <i>fuzzy</i> triangulares	52
3.7.4	Aplicação dos questionários aos desenvolvedores	53
3.7.5	Agregação das opiniões dos desenvolvedores	54
3.7.6	Cálculo do grau de concordância	54
3.7.7	Determinação da matriz de concordância	73
3.7.8	Cálculo da agregação dos graus dos estados de agregação dos itens agregantes	75
3.7.9	Cálculo do grau do estado relativo de agregação	75
3.7.10	Cálculo do coeficiente de consenso do critério ergonômico para o atributo agregado	76

3.7.11 Cálculo da avaliação do critério ergonômico agregado	76
3.7.12 Cálculo do valor <i>crisp</i>	76
3.7.13 Normalização	77
3.7.14 Comparação dos resultados	79
4 CONCLUSÃO	82
4.1 Recomendações	82
4.2 Sugestões para Trabalhos Futuros	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
APÊNDICE A - Convite aos desenvolvedores do INCA	92
APÊNDICE B - Convite aos desenvolvedores da DATAPREV	94
APÊNDICE C – Questionário	96
ANEXO A – Relação dos critérios ergonômicos	114
ANEXO B – Glossário	116
ANEXO C – Norma NBR (ISO 9241-11, 2002)	122

1 INTRODUÇÃO

Software é uma sequência de instruções a serem seguidas e/ou executadas, na manipulação, no redirecionamento ou na modificação de um dado, uma informação ou um acontecimento. É o nome dado ao comportamento exibido por essa sequência de instruções quando executada em um computador ou máquina semelhante (WIKIPÉDIA, 2007).

Entende-se interface de *software* como sendo um meio que estabelece a interação homem-computador. Do ponto de vista da linguagem, o projeto de uma interface deve tomar como base que a definição de uma linguagem apropriada para a interação do usuário com o *software* é um dos pontos críticos para o entendimento do sistema e conseqüentemente para a aceitação do mesmo. Quer dizer, o usuário não necessariamente tenderá a se interessar e aceitar um programa pela sua funcionalidade, mas sim pela capacidade que o *software* possui para se comunicar claramente.

Esta capacidade de comunicação está intimamente ligada à linguagem de interação utilizada pela interface do programa. A interface deve tentar reproduzir a linguagem natural do usuário de computador, tentando prover o uso de palavras e expressões conhecidas, respeitando o vocabulário do usuário. Esta tentativa terá seus reflexos na redução do uso da memória e na diminuição do esforço cognitivo do usuário e conseqüentemente influirá numa interação agradável e natural (HECKEL, 1993).

O presente estudo descreve a aplicação de um método de avaliação da similaridade existente entre opiniões de profissionais de informática, sobre a importância dos critérios ergonômicos para a usabilidade das interfaces de *software* dos sistemas adquiridos no mercado ou desenvolvidos internamente pelo Instituto Nacional de Câncer (INCA) e dos sistemas desenvolvidos pela Empresa de Tecnologia e Informações da Previdência Social (DATAPREV).

O INCA é o órgão do Ministério da Saúde, vinculado à Secretaria de Atenção à Saúde, responsável por desenvolver e coordenar ações integradas para a prevenção e controle do câncer no Brasil. Tais ações são de caráter multidisciplinar e compreendem a assistência médico-hospitalar, prestada direta e gratuitamente aos pacientes com câncer no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), e a atuação em

áreas estratégicas como a prevenção e detecção precoce, a formação de profissionais especializados, o desenvolvimento de pesquisas e a informação epidemiológica. Todas as atividades do INCA têm como objetivo reduzir a incidência e a mortalidade causada pelo câncer no Brasil.

A DATAPREV é uma empresa pública vinculada ao Ministério da Previdência Social (MPS), instituída há 30 anos, pela Lei nº 6.125 de 10 de março de 1975, com o estatuto aprovado pelo Decreto nº 75.463 de 10 de março de 1975, CNPJ 42.422.253/0001/01, com personalidade jurídica de direito privado, patrimônio próprio e autonomia administrativa e financeira. Seu cliente majoritário é o INSS, com o qual se vincula numa relação de interdependência. Ela tem por objetivo estudar e viabilizar tecnologias de informática na área da Previdência Social, conforme publicado pelo Estatuto da Empresa DEC. 4.312 de 24 de julho de 2002.

O método de avaliação da similaridade existente entre opiniões de desenvolvedores está baseado na estruturação e organização dos conhecimentos ergonômicos, envolve profissionais que são profundos conhecedores dos processos de desenvolvimento de sistemas informatizados e uma técnica de avaliação que utiliza a teoria dos conjuntos *fuzzy*.

Um conjunto nebuloso ou *fuzzy*, é um conjunto cuja função de pertinência - o critério que define se uma dada entidade pertence ou não àquele conjunto - não é determinística, (assumindo o valor 0 se não pertence e 1 se pertence), ela é possibilística, ou seja, uma função de possibilidades que assume valores entre 0 e 1. Falar em pertinência nebulosa significa dizer que existe um grau de pertinência ou envolvimento que varia para um mesmo elemento, sendo que a razão de ser desta variabilidade é exatamente a função comportamental que se espera modelar (MORÉ, 2004).

O método elaborado tem como objeto de estudo as interfaces de *software* desenvolvidas para as áreas de saúde e da previdência social.

O conceito de usabilidade de *software* apareceu quando os profissionais da área de informática em geral, começaram a se preocupar com a interação homem-computador (IHC). Para ter boa usabilidade, o *software* precisa dar uma resposta rápida, deve ser fácil de aprender, deve possibilitar uma alta eficiência e baixa taxa de erros e deve ser bem aceito por seus usuários.

Na década de noventa foi realizado um estudo pelos pesquisadores franceses Dominique Scapin e Christian Bastien, ligados ao *Institut National de Recherche en*

Informatique et en Automatique (INRIA) em 1993, visando à organização dos conhecimentos sobre ergonomia de interfaces homem-computador, de modo a torná-los facilmente disponíveis, tanto para especialistas como para não especialistas. Os critérios ergonômicos constituem um conjunto de qualidades ergonômicas que as interfaces homem-computador devem apresentar. O conjunto é composto por 8 critérios ergonômicos principais que se subdividem em 18 sub critérios e critérios elementares.

Esses autores mostraram que “seus critérios proporcionam o aumento da qualidade do *software* quando dos resultados das avaliações de usabilidade de uma dada interface” (BASTIEN E SCAPIN, 1993).

É interessante, para cada uma das organizações pesquisadas, que seus desenvolvedores conheçam qual é a ordem da importância dos critérios ergonômicos presentes na cultura deles quando desenvolvem as interfaces.

Este trabalho visa criar um modelo de apoio às melhorias que o INCA e a DATAPREV vêm buscando, em relação à ergonomia aplicada à usabilidade, no processo de concepção de sistemas de informação voltados para os profissionais de medicina e para os profissionais da previdência social. Pretende-se identificar qual o nível de importância de cada critério, para concentrar esforços de analistas e programadores naqueles mais importantes para o desenvolvimento de sistemas e dar indicativos à preparação de treinamento a ser ministrado aos desenvolvedores. A similaridade existente entre ambas as organizações pode, também, desencadear um processo de troca de conhecimentos.

O estudo apresenta, inicialmente, a problemática da avaliação evocando os métodos ergonômicos disponíveis e as características desejáveis para projetistas e desenvolvedores de sistemas. A conclusão identifica os limites do trabalho e suas perspectivas.

1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Qual é o grau de importância que os desenvolvedores das duas instituições dão aos critérios ergonômicos, de acordo com Bastien e Scapin (1993), durante o desenvolvimento dos aplicativos? Qual a similaridade existente entre eles?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Aplicar um método que permita avaliar os graus de importância dos critérios ergonômicos das interfaces de *software*.

1.2.2 Objetivos específicos

a) Dar subsídios aos projetistas e desenvolvedores de *software* no sentido de direcionar seus esforços aos critérios que são mais importantes para a empresa na qual trabalham.

b) Incorporar o conceito de ergonomia na usabilidade da interface de *software* às metodologias de desenvolvimento de sistemas (MDS) e aos processos de desenvolvimento de *software* já utilizados, com sucesso, no INCA e na DATAPREV.

c) Investigar a similaridade existente entre as opiniões dos desenvolvedores de sistemas sobre os critérios ergonômicos mais importantes para a boa usabilidade das interfaces de *software*.

1.3 JUSTIFICATIVA

1.3.1 Em relação ao mercado

Segundo Turban (2004) e LablUtil (2006), os levantamentos realizados até então, indicam que os cuidados com a usabilidade são tímidos em algumas empresas cuja atividade fim não seja a produção de sistemas.

Entretanto, a usabilidade é levada em conta pelos fabricantes de *software* que lutam por seu mercado. Com a matemática nebulosa (*fuzzy*), será possível determinar especificamente para cada um dos sistemas por eles produzidos para seus clientes, quais são os critérios ergonômicos mais importantes a aplicar na usabilidade das interfaces. Os fabricantes poderão, portanto, concentrar esforços nestes critérios, garantindo a qualidade do produto acabado, no quesito IHC.

1.3.2 Em relação à academia

Contribuir para tornar um hábito o uso da teoria dos conjuntos *fuzzy* na avaliação da qualidade das interfaces de *software*, agregando valor às métricas sugeridas pelo *Capability Maturity Model* (CMM), publicado pelo *Software Engineering Institute* (SEI).

Estimular as atividades de pesquisa na área tecnológica.

1.3.3 Pessoal

A usabilidade vem sendo um termo bastante utilizado, em especial nas interfaces de *software*, na última década. A preocupação fundamental da usabilidade, que se inicia com a ergonomia, é dotar as interfaces de *software* de características que tornem os sistemas mais fáceis de usar e de serem aprendidos. A boa usabilidade tem sido uma preocupação crescente por parte de diversas empresas fabricantes de *software*, que a encaram como uma maneira de atender uma demanda de mercado e, desta forma, alcançar um diferencial competitivo. Por sua vez, projetistas e desenvolvedores de interfaces de *software* buscam, cada vez mais, adquirir conhecimentos que os capacitem a se colocar de maneira mais efetiva nesse contexto do mercado profissional.

Justifica pessoalmente este trabalho a chance de estender os conhecimentos adquiridos ao INCA, que me proporcionou a primeira oportunidade de realização da pesquisa, à empresa na qual trabalho, DATAPREV, onde também foram aplicados

os mesmos questionários e à Universidade Estácio de Sá que apóia esta dissertação. Aos professores do mestrado e seus orientadores que me honram com a chance de contribuir com mais uma pesquisa científica.

1.4 HIPÓTESES/QUESTÕES

Utilizando a teoria dos sistemas *fuzzy* é possível escolher os critérios ergonômicos mais importantes para a elaboração das interfaces de *software* dos aplicativos de TI, desenvolvidos internamente ou comprados mercado pelo INCA e desenvolvidos pela DATAPREV.

Utilizando a teoria dos sistemas *fuzzy* pode-se comparar as opiniões dos projetistas e desenvolvedores de sistemas para apontar a possível similaridade entre as culturas, sob ponto de vista da informática, das empresas pesquisadas.

É viável estender o processo ora aplicado a qualquer interface de *software* para qualquer atividade comercial porque as questões da pesquisa são as mesmas.

1.5 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

A ergonomia não se refere somente à informática mas esta dissertação se limita à identificação, dentre os critérios ergonômicos disponíveis, quais são os mais importantes para a usabilidade das interfaces de *software* dos aplicativos do INCA e da DATAPREV. Após a Identificação dos critérios mais importantes, é feita uma avaliação da possível existência de similaridade entre as opiniões dos profissionais de TI das duas organizações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INTERFACE

Segundo Lévy (1992), interface “é o conjunto de programas e aparelhos materiais que possibilitem a comunicação entre o homem e a máquina”.

Ele se refere à grande influência que as tecnologias exercem sobre nosso modo de agir e pensar ao afirmar que:

diversos trabalhos desenvolvidos em psicologia cognitiva a partir dos anos sessenta mostraram que a dedução e a indução formais, estão longe de serem praticadas espontaneamente e corretamente por sujeitos reduzidos apenas aos recursos de seus sistemas nervosos (sem papel, nem lápis, nem possibilidade de discussão coletiva) (LÉVY, 1992).

Para os usuários comuns de computadores, uma Interface é a forma de apresentação de programas ou sistemas. Com o avanço na capacidade de processamento das máquinas, aconteceu uma mudança profunda nas interfaces dos programas. A tela, geralmente preta e baseada em texto, foi trocada por janelas, botões, abas, caixas de texto ou de checagem, ícones, etc. Esta nova apresentação gráfica, tornou o uso do computador mais amigável.

Entretanto, a forma da interface (seja gráfica ou baseada em texto) não pode ser responsabilizada pela facilidade ou dificuldade de interação com um sistema ou programa. Uma interface está diretamente ligada à funcionalidade ou ao comportamento do sistema. Uma mesma tela, com os mesmos componentes e imagens, pode ter um comportamento diferente sob os mesmos estímulos do usuário.

2.2 ERGONOMIA

A ergonomia ou fatores humanos, como é conhecida nos Estados Unidos, segundo a Associação Internacional de Ergonomia, em inglês *International Ergonomics Association* (IEA) em 2007, é:

a disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema, e também é a profissão que aplica teoria, princípios, dados e métodos para projetar a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho geral de um sistema

Faz parte da IEA, a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO).

Os ergonomistas contribuem para o projeto e avaliação de tarefas, trabalhos, produtos, ambientes e sistemas, a fim de torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas (IEA, 2007).

A ergonomia como ciência trata de desenvolver conhecimentos sobre as capacidades, limites e outras características do desempenho humano que se relacionam com o projeto de interfaces, entre indivíduos e outros componentes do sistema. Como prática, a ergonomia compreende, entre outras coisas, a aplicação da tecnologia da interação homem-computador a projetos ou modificações de sistemas para aumentar segurança, conforto, eficiência e qualidade de vida.

No momento, esta tecnologia única e especial possui pelo menos 4 componentes principais identificáveis, que do mais antigo ao mais recente, são os seguintes, segundo Hendrick (2004):

- ✓ tecnologia da interface homem-computador ou ergonomia de *hardware*;
- ✓ tecnologia da interface homem-ambiente ou ergonomia ambiental;
- ✓ tecnologia da interface usuário-sistema ou ergonomia de *software*; e
- ✓ tecnologia da interface organização-máquina ou macro-ergonomia.

Dentre as 4 interfaces mencionadas por ele, privilegiou-se, nesse estudo, a ergonomia de *software* englobando a ergonomia da interface homem-computador e a usabilidade de programas.

2.2.1 Critérios ergonômicos

O primeiro estudo sobre critérios ergonômicos na concepção de interface foi proposto por Scapin (1986). Ele organizou os critérios ergonômicos em 8 categorias:

1. Compatibilidade;
2. Homogeneidade;
3. Concisão;
4. Flexibilidade;
5. Orientação e feedback;
6. Carga de Informação;
7. Controle explícito;
8. Gestão de erros.

Em 1990, Scapin elabora uma lista de critérios ergonômicos, comportando três níveis. O primeiro nível constitui-se de oito critérios principais decompondo-se em outros dois níveis de critérios, os critérios elementares. No total a lista contém dezoito critérios assim descritos e que estão sendo utilizados pelo ErgoList:

1. Orientação.
 - 1.1. Presteza.
 - 1.2. Grupamento/ Distinção entre Itens.
 - 1.2.1. Grupamento/ Distinção por Localização.
 - 1.2.2. Grupamento/ Distinção por Formato.
 - 1.3 *Feedback* Imediato.
 - 1.4 Clareza (Legibilidade).
2. Carga de Trabalho.
 - 2.1. Brevidade.
 - 2.1.1. Concisão.
 - 2.1.2. Ações Mínimas.
 - 2.2. Carga Mental.
3. Controle Explícito.
 - 3.1. Ações Explícitas.
 - 3.2. Controle do Usuário.
4. Adaptabilidade.
 - 4.1. Flexibilidade.

- 4.2. Consideração a Experiência do Usuário.
- 5. Gestão de Erros.
 - 5.1. Proteção Contra os Erros.
 - 5.2. Mensagens de Erros.
 - 5.3. Correção de Erros.
- 6. Homogeneidade/ Consistência.
- 7. Significado dos Códigos.
- 8. Compatibilidade.

Bastien (1991) aprova esses critérios ergonômicos para avaliação da interface, identifica as categorias, define e justifica os critérios e as categorias dos critérios. Os critérios ergonômicos constituem um conjunto de qualidades ergonômicas que a interface humano-computador, deveria apresentar. O conjunto é composto por 8 critérios ergonômicos principais que se subdividem em 18 sub-critérios e critérios elementares.

Os autores (Bastien e Scapin, 1993) mostraram que seus critérios proporcionam o aumento da sistematização dos resultados das avaliações de usabilidade de uma dada interface. Significa dizer que, quando diferentes especialistas empregam esses critérios como ferramenta de avaliação, eles obtêm resultados parecidos.

As definições completas de critérios principais, sub critérios e critérios elementares aqui utilizadas, estão disponíveis no link do LabUtil para critérios ergonômicos.

O LabUtil apóia, desde 1995, as empresas brasileiras produtoras de software interativo que buscam a melhoria da usabilidade dos sistemas que produzem. O laboratório vem tomando, desde então, iniciativas importantes a favor da usabilidade de interfaces humano-computador como por exemplo, a montagem da comissão de estudos da ABNT para a elaboração da norma brasileira sobre ergonomia do trabalho de escritório com computadores - NBR 9241. O Laboratório disponibiliza em seu *site* o *ErgoList*, um sistema de listas de verificação de qualidades ergonômicas do *software* desenvolvido desde 1997, com o apoio da Fundação *Excellence in Software* (SOFTEX).

2.2.2 Contextualizando a ergonomia a partir das suas origens

A ergonomia é um esforço interdisciplinar que objetiva propiciar resultados em termos da adequação do trabalho às pessoas em atividade. A ergonomia tem ao menos duas abordagens, uma abordagem clássica, de natureza experimental, onde se tenta gerar dados sobre o ser humano para o projeto de produtos e postos de trabalho através de pesquisas em laboratório, e uma abordagem situada onde o principal informador para o projeto se constitui através da Análise Ergonômica do Trabalho (AET), ou seja a modelagem operante do trabalho através da integração da observação do comportamento e o entendimento das condutas das pessoas em situação real de trabalho.

A corrente clássica é muito disseminada nos países anglo-saxões conquanto que a corrente situada é mais freqüente em países de língua francesa. No Brasil, a corrente situada acabou por se impor dado o elevado custo das pesquisas laboratoriais, mas também por opção metodológica (IIDA, 2005).

A ergonomia, uma disciplina relativamente recente, celebrou os seus cinquenta anos em 1999. É justamente essa juventude que explica em boa parte a fragilidade de seu corpo teórico e metodológico. Neste sentido, “o debate em torno do trabalho, enquanto categoria teórica, é um dos desafios que alimenta o esforço de fundação epistemológica da ergonomia” (MONTMOLLIN, 1995; DANIELLOU, 1996).

Por isso, permanece atual a observação quando Teiger (1992, p.112) afirma que na ergonomia "os paradigmas se transformam, sem que haja verdadeiramente uma revolução, mas em conformidade a uma evolução que provavelmente está longe de ser contida".

Assim, colocar à luz, os contornos que o conceito de trabalho assume no interior da ergonomia não tem nada de extravagante, ao contrário, é pertinente e necessário.

Helander (2005) caracteriza a evolução da ergonomia como segue:

- ✓ Os anos cinquenta representaram a década da ergonomia militar;
- ✓ Os anos sessenta representaram a década da ergonomia industrial;
- ✓ Os anos setenta representaram a década da ergonomia do consumo;

- ✓ Os anos oitenta representaram a década da ergonomia de *software* e da interação homem-computador;
- ✓ Os anos noventa representaram a década da ergonomia organizacional e cognitiva; e
- ✓ A primeira década do século XXI caracterizará a era da comunicação global e a era da eco-ergonomia.

Pode-se considerar, portanto, que a história da ergonomia refletiu as mudanças e anseios da sociedade e extrapolou o seu campo de interesse para além dos trabalhadores no sistema produtivo para incorporar o usuário comum, o idoso, as crianças e as pessoas portadoras de deficiência.

2.2.3 Domínios de especialização

Segundo a ABERGO, em 2003, a IEA adotou a definição oficial apresentada a seguir:

A Ergonomia (ou Fatores Humanos) é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema.

Os ergonomistas contribuem para o planejamento, projeto e a avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambientes e sistemas de modo a torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas.

Ainda, segundo a ABERGO (2003):

a palavra *Ergonomia* deriva do grego *Ergon* [trabalho] e *nomos* [normas, regras, leis]. Trata-se de uma disciplina orientada para uma abordagem sistêmica de todos os aspectos da atividade humana. Para darem conta da amplitude dessa dimensão e poderem intervir nas atividades do trabalho é preciso que os ergonomistas tenham uma abordagem holística de todo o campo de ação da disciplina, tanto em seus aspectos físicos e cognitivos, como sociais, organizacionais, ambientais, etc. Frequentemente esses profissionais intervêm em setores particulares da economia ou em domínios de aplicação específicos. Esses últimos caracterizam-se por sua constante mutação, com a criação de novos domínios de aplicação ou do aperfeiçoamento de outros mais antigos.

De maneira geral, os domínios de especialização da ergonomia são:

- ✓ Ergonomia física - está relacionada às características da anatomia humana, da antropometria, da fisiologia e da biomecânica em sua relação à atividade física.

- Os tópicos relevantes incluem o estudo da postura no trabalho, o manuseio de materiais, os movimentos repetitivos, os distúrbios musculares e do esqueleto relacionados ao trabalho, o projeto de posto de trabalho, a segurança e a saúde;
- ✓ Ergonomia organizacional - concerne à otimização dos sistemas sociais e técnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e de processos. Os tópicos relevantes incluem comunicações, gerenciamento de recursos humanos, projeto de trabalho, organização temporal do trabalho, trabalho em grupo, projeto participativo, paradigmas novos do trabalho, trabalho cooperativo, cultura organizacional, organizações em rede, tele-trabalho e gestão da qualidade.
 - ✓ Ergonomia cognitiva - refere-se aos processos mentais tais como percepção, memória, raciocínio e resposta motora na medida em que afetem as interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema. Os tópicos relevantes incluem o estudo da carga mental de trabalho, a tomada de decisão, o desempenho especializado, a interação homem computador (IHC), o estresse e o treinamento (ABERGO, 2003).

Na Organização Mundial da Saúde (OMS), definiu-se ergonomia como sendo: “uma tecnologia da concepção do trabalho baseada nas ciências da biologia humana”.

A ergonomia é definida por Laville (1977) como sendo:

o conjunto de conhecimentos a respeito do desempenho do ser humano em atividade, a fim de aplicá-los á concepção de tarefas, dos instrumentos, das máquinas e dos sistemas de produção.

Distingue-se, habitualmente, segundo este autor, dois tipos de ergonomia: ergonomia de correção e ergonomia de concepção. A primeira procura melhorar as condições de trabalho existentes e é, freqüentemente, parcial e de eficácia limitada. A segunda, ao contrário, tende a introduzir os conhecimentos sobre o ser humano desde o projeto do posto, do instrumento, da máquina ou dos sistemas de produção.

Para Wisner (1996), a:

ergonomia constitui o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao ser humano e necessários para a concepção de ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficácia.

Segundo Santos et al (1997), a:

ergonomia tem como finalidade conceber e/ou transformar o trabalho de maneira a manter a integridade da saúde dos operadores e atingir objetivos econômicos. Os ergonomistas são profissionais que têm conhecimento sobre o funcionamento humano e estão prontos a atuar nos processos de projetos de situações de trabalho, interagindo na definição da organização do trabalho, nas modalidades de seleção e treinamento, na definição do mobiliário e ambiente físico de trabalho.

Uma ampla definição é dada por Vidal et al (2000), segundo a qual:

ergonomia tem como objeto teórico a atividade de trabalho, como disciplinas fundamentais a fisiologia do trabalho, a antropologia cognitiva e a psicologia dinâmica, como fundamento metodológico à análise do trabalho, como programa tecnológico à concepção dos componentes materiais, lógicos e organizacionais de situações de trabalho adequadas às pessoas e aos coletivos de trabalho. Tem ainda como meta de base a discussão e interpretação sobre as interações entre ergonomistas e os demais atores sociais envolvidos na produção e no processo de concepção, buscando entender o lugar do ergonomista nestas ações, assim como formar seus princípios deontológicos.

De acordo com Hendrick (2004), a ergonomia, em termos de sua tecnologia singular, pode ser definida como:

o desenvolvimento e aplicação da tecnologia de interface do sistema homem-máquina. Ao nível micro, isso inclui a tecnologia de interface homem-máquina, ou ergonomia de *hardware*; tecnologia de interface ser humano-ambiente, ou ergonomia ambiental, e tecnologia de interface usuário-sistema, ou ergonomia de *software* (também relatada como ergonomia cognitiva porque trata como as pessoas conceitualizam e processam a informação). Num nível macro temos a tecnologia de interface organização - máquina ou macro-ergonomia, que tem sido definida como uma abordagem *top-down* do sistema sócio-técnico.

Segundo Lida (2005):

a ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem. O trabalho aqui tem uma aceção bastante ampla, abrange, não apenas aquelas máquinas e equipamentos utilizados para transformar os materiais, mas também toda a situação em que ocorre o relacionamento entre o homem e seu trabalho.

A adaptação sempre ocorre do trabalho para o homem. Isso significa que a ergonomia parte do conhecimento do homem para fazer o projeto do trabalho, ajustando-o às capacidades e limitações humanas.

Pode-se constatar, em todos os conceitos formulados, que a ergonomia está preocupada com os aspectos humanos do trabalho, em qualquer situação onde este é realizado e, desta maneira, ela busca não apenas evitar aos trabalhadores, postos de trabalhos fatigantes e perigosos mas procura colocá-los nas melhores condições de trabalho possíveis, de forma a aumentar a eficácia do sistema de produção.

A ergonomia tem sua base centrada no ser humano e esta antropocentricidade pode resgatar o respeito ao homem no trabalho, de forma a se alcançar não apenas o aumento da produtividade, porém, uma melhor qualidade de vida no trabalho.

O termo ergonomia significa, etimologicamente, o estudo das leis do trabalho. É conveniente aprofundar esta definição e o objeto que ela designa, o trabalho. Isso é necessário para determinar o campo de estudo da ergonomia e as relações que ela mantém com o conhecimento científico e com a realidade social (FIALHO, 1995).

A organização do trabalho, a concepção de ferramentas e máquinas, a implantação de sistemas de produção são, também, determinados por outros fatores, tanto técnicos como econômicos e sociais (FIALHO, 1995).

A abordagem ergonômica baseia-se no princípio básico de que o trabalho deve adaptar-se ao homem. A transferência desse princípio, para a informática, gerou um enunciado mais específico: adaptar o computador ao usuário, e não o contrário.

A aplicação de conceitos ergonômicos ao projeto e avaliação de interfaces busca privilegiar a lógica de utilização, ao invés da lógica de funcionamento. A lógica de funcionamento é uma visão das aplicações do ponto de vista de informática; a lógica de utilização é uma visão da aplicação do ponto de vista do usuário.

2.3 ERGONOMIA COGNITIVA

São características da ergonomia cognitiva: a análise do trabalho mental; condicionantes do funcionamento do sistema de tratamento da informação; conhecimentos e representações; raciocínios formais e situacionais incluindo as inferências e o raciocínio indutivo; o raciocínio dedutivo; situações de raciocínio; a regulação, controle e modelagem da atividade e o estudo de caso.

De acordo com Cybis (2003), a ergonomia tem como objetivo principal:

reduzir ou eliminar os riscos profissionais à saúde e, também, melhorar as condições de trabalho, com a finalidade de evitar um incremento de fadiga provocado pela elevada carga global de trabalho em suas várias dimensões: carga física, derivada do esforço muscular, carga psíquica e carga cognitiva.

Weill-Fassin (1993) compreende os aspectos cognitivos como sendo:

constituídos de modos operatórios, de seqüências de ação, de gestos, de sucessões de busca e de tratamento de informações, de comunicações verbais ou gráficas de identificações de incidentes ou de perturbações que caracterizam a tarefa efetiva realizada pela pessoa.

Assim, é preciso realizar registros que possam descrever as etapas, o desenvolvimento temporal das atividades, as estratégias utilizadas, as verbalizações e as relações entre essas variáveis, bem como identificar variáveis que possam modificar a situação corrente.

Para Abrahão (1993, p.21):

observar uma ação consiste em identificar os gestos, os objetos manipuladores em um contexto cuja combinação tem um significado para o observador. Nesse sentido, é necessário explicar os elementos que compõe a ação para o observador.

Uma ação tem sempre um objetivo para quem a realiza e que nem sempre é passível de ser percebida pela observação simples, devendo o ergonomista buscar através da verbalização, as razões que levam a pessoa a realizar tal ação.

A ergonomia cognitiva não tem a intenção de teorizar sobre a cognição humana. Seu papel é, de acordo com Marmaras & Kontogiannis (2001), o “de compatibilizar as soluções tecnológicas com as características e necessidades de seus usuários”. Para tanto, ela “busca entender a cognição dentro de um contexto específico de ação e voltada para alcançar um objetivo” (Sarmet, 2003), ou em outras palavras, como afirma Hollnagel (1997), “o objetivo da ergonomia cognitiva não é tentar entender a natureza da cognição humana, mas descrever como a cognição humana afeta o processo de trabalho e por ele é afetada”.

Segundo Cañas & Waerns (2001):

a ergonomia cognitiva visa analisar os processos cognitivos implicados na interação: a memória; os processos de tomada de decisão; a atenção; as estruturas e os processos para perceber, armazenar e recuperar informações.

2.3.1 Ergonomia cognitiva na interface de software

A ergonomia cognitiva preocupa-se com os aspectos da atividade mental realizada pelo operador do *software*. Assim, a aplicação da análise ergonômica da atividade mental visa adequar-se às exigências cognitivas da tarefa do usuário. A

ergonomia cognitiva permitirá a otimização do esforço despendido para compreender e desenvolver a tarefa, como também facilitará o processo mental para a tomada de decisões e execução de determinada ação.

Uma implantação inadequada de sistemas, leva o usuário a uma frustração em função do elevado número de insucessos na realização da tarefa. Isso ocorre devido à sobrecarga cognitiva decorrente do problema de desorientação. A interface com o usuário é o principal foco da ergonomia no desenvolvimento de sistemas, sendo sua tarefa garantir que as habilidades, capacidades e necessidades humanas, sejam levadas em consideração no projeto de cada componente da interface.

Ainda segundo Cybis (2003):

são considerados três tipos de habilidades:

- ✓ perceptiva – discriminação e apresentação da informação;
- ✓ cognitiva – facilidade de aprendizado e memorização frente à tarefa; e
- ✓ motora – tamanho, espaçamento das teclas do teclado e mouse, características de vídeo.

As habilidades perceptivas e cognitivas desempenham um papel fundamental na tarefa informatizada à medida que o computador passa a constituir-se de uma extensão do cérebro humano.

Os usuários buscam aplicar conhecimentos já adquiridos para minimizar as cargas de trabalho perceptivas e cognitivas, necessárias à realização de uma interação com o computador. Isso se torna possível, especialmente, quando a interface apresenta um comportamento homogêneo em situações semelhantes e não é excessivamente carregada de informações.

Para Abrahão (2005, p.163):

Na interação homem-artefato deve-se considerar que esse homem possui recursos percepto-cognitivos limitados (por exemplo, em relação à quantidade e tamanho das letras que ele pode perceber e à quantidade e qualidade das informações que ele pode tratar simultaneamente). Estas limitações são diferenciadas entre os indivíduos devido à sua formação, experiência, idade e familiaridade com a tecnologia. Enfim, a maioria desses artefatos podem produzir constrangimentos por não terem sido projetados incorporando a lógica e as características do usuário ou quando o fazem, a sua participação é incipiente. Cabe ressaltar, que o termo constrangimento assume, aqui, um duplo significado: em primeiro lugar refere-se aos limites que a interface impõe aos sujeitos no que tange as operações possíveis e, em segundo ao sentimento de frustração diante da máquina.

A abordagem da Ergonomia Cognitiva no desenvolvimento de sistemas cognitivos, está baseada, por um lado, na análise da tarefa e da atividade que o

indivíduo desenvolve, como meio de evidenciar a lógica de utilização e os recursos por ele utilizados na solução de um problema e por outro lado, na consideração dos aspectos cognitivos do homem. Estes dois fatores são essenciais, quando se pretende criar sistemas adaptados ao usuário e sua tarefa.

A Ergonomia Cognitiva permite analisar os processos cognitivos do operador como por exemplo, a representação mental, as estratégias utilizadas, a memorização, desenvolvidos para realização de uma tarefa. Isto é, ela permite analisar os comportamentos cognitivos do operador, para compreender como são utilizadas ou produzidas as interações entre as características do homem, as restrições de uma situação de trabalho e os objetivos a serem atingidos.

Este tipo de análise da atividade real favorece a compreensão da complexidade nas relações entre o operador e seu ambiente. Desta forma, a ergonomia pode fornecer especificações efetivamente úteis para a concepção de sistemas ou de dispositivos técnicos. O resultado desta filosofia é que cada intervenção ergonômica em um posto de trabalho leva ao estabelecimento de recomendações para a transformação deste posto, ou para a concepção de um novo posto.

Por outro lado, a ergonomia cognitiva pesquisa o desempenho dos processos cognitivos em relação estreita com a tarefa, tendo em vista que os métodos propostos para analisar os comportamentos futuros do operador são aplicados em situações reais de trabalho. Isto é, uma concepção aplicada a uma determinada realidade associada à resolução de problemas de uma organização de trabalho que vai ser modificada.

A atividade futura de um operador (por exemplo, um novo ambiente de trabalho) pode ser extrapolada ou projetada com um certo grau de precisão, a partir de uma situação atual de trabalho.

2.4 USABILIDADE

Todas as operações que um computador é capaz de executar não teriam significado algum se ele não tivesse uma maneira de se comunicar com o meio externo. Os primeiros computadores pessoais usavam um método de comunicação

tão primitivo que pareceria para nós, hoje, difícil imaginar que tal máquina poderia ter alguma utilidade prática no mundo real. Naquele momento, entretanto, foi um avanço incrível. Dados e instruções eram introduzidos no mesmo, por meio de chaves elétricas do tamanho de um polegar (WHITE, 1993).

Hoje em dia, as formas de comunicação que se utiliza com os computadores, englobam dispositivos que nem mesmo os pioneiros mais visionários da computação pessoal poderiam imaginar. Dentre as formas atuais de comunicação existentes entre usuários e computadores, também conhecidos como dispositivos de entrada e saída de dados, destacam-se: o monitor, o teclado, o mouse, impressoras, scanners (WHITE, 1993).

Com a incorporação dos monitores como sendo mais uma interface à disposição dos usuários para comunicação com as máquinas, os sistemas de informação puderam ser mais bem elaborados para interagirem com os usuários por meio de linguagem textual. Com o passar do tempo, os monitores com tubo de raios catódicos (CRT) foram evoluindo a ponto de permitir que as máquinas pudessem se comunicar com os usuários por meio de sistemas de informações orientados para as Interfaces Gráficas, em inglês Graphic User Interfaces (GUI). Estes novos recursos disponíveis, incluíam gráficos, imagens, ícones, etc. (FERREIRA, 2003) (WHITE, 1993).

É através das interfaces que os usuários de sistemas de informação se comunicam com os computadores para realização de suas tarefas; portanto, as primeiras evidências em relação à usabilidade de um sistema são percebidas pelos usuários através das interfaces, que devem ser bem planejadas e desenvolvidas de forma bem elaborada (NIELSEN, 2000).

Em se tratando de *Websites*, “uma interface bem desenvolvida pode fazer com que o usuário se mantenha atraído, gerando até curiosidade, permitindo que o mesmo navegue em outras áreas que não eram seu foco inicial” (NIELSEN, 2000).

Por outro lado, da mesma forma que uma interface bem desenvolvida desperta o interesse do usuário, a mesma quando “é muito pesada ou não condizente com o objetivo principal do *Website* pode vir a ser um risco para o seu sucesso” (NIELSEN, 2000).

Alguns desenvolvedores de *software* se preocupam mais com o núcleo de seus sistemas de informação, que contém a inteligência do *software*, do que com a

interface com o usuário. A apresentação de uma interface amigável para o usuário é fundamental para o sucesso da aplicação, seja ela de Internet ou não.

Interfaces amigáveis permitem uma interação saudável com o usuário, fazendo com que o mesmo se sinta à vontade para usá-la de forma intuitiva ou ainda, que ele o memorize mais facilmente a interface, podendo vir a se tornar uma fonte de motivação para o usuário. Em compensação, “o não uso de uma interface amigável pode vir a comprometer o sucesso da aplicação, o que pode ser fator decisivo para a rejeição de um sistema” (FERREIRA 2003) (PRESSMAN, 2004).

As interfaces gráficas podem ser muito mais fáceis de serem usadas por contarem com diversos recursos tecnológicos que facilitam o seu entendimento. Entretanto, além de requererem um projeto muito mais bem elaborado, “as etapas de desenvolvimento e manutenção também se tornam mais complexas” (FERREIRA, 2003).

A usabilidade, além de avaliar a qualidade da interação entre os usuários e um sistema de informações, determina se um sistema será facilmente aprendido, dificilmente esquecido, cumprirá seus objetivos sem provocar erros e irá satisfazer os usuários, conforme os seguintes aspectos, segundo Nielsen, (2000):

- ✓ Fácil aprendizado: facilidade na exploração;
- ✓ Difícil esquecimento: não existência de necessidade de re aprendizado, após longo tempo sem utilizar o sistema;
- ✓ Cumpre objetivos: oferece aos usuários o que os mesmos esperam dele;
- ✓ Não provoca erros: quando usuários conseguem realizar suas tarefas sem maiores transtornos;
- ✓ Satisfaz os usuários: atinge os objetivos de forma agradável aos usuários.

A literatura apresenta diversas abordagens para tratar do assunto de usabilidade. O presente trabalho considera a abordagem contida nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e da *International Organization for Standardization* (ISO), referente a Requisitos Ergonômicos para Trabalhos de Escritórios com Computadores – Parte 11 – Orientações sobre Usabilidade (ISO 9241-11, 2002).

Nos anos 80, o foco ainda era muito tecnológico e com pouca ênfase nos negócios, como pode ser compreendido na citação a seguir:

Os anos 90 chegaram para confirmar os vaticínios dos anos 70. Com os dados atingindo o status de objetos e o casamento tecnológico entre informação e comunicação festejando em todas as esquinas do planeta, a nossa sociedade começou a fazer uma plástica cultural definitiva. Diferentemente da revolução industrial, aonde as benesses não chegavam a todos diretamente, a revolução dos dados e das informações, capitaneada pela Internet, tornou-se democrática, evasiva e de amplo alcance (BARBIERI, 2001, p. 3).

Nos anos 90 foram desenvolvidos métodos, abordagens, técnicas e ferramentas destinadas a apoiar a construção de interfaces intuitivas, fáceis de usar e produtivas. A engenharia de usabilidade saía dos laboratórios das universidades e institutos de pesquisa e começava a ser implementada como função nas empresas que desenvolvem *software* interativo.

A usabilidade visa atuar positivamente sobre o retorno do investimento para a empresa. Ela é argumento de vendas, passa uma imagem de qualidade, evita prejuízos para os clientes ligados ao trabalho adicional e ao re-trabalho de correções freqüentes, por exemplo.

“Alguns autores acreditam que a usabilidade é um fator crítico para garantir que um determinado sistema seja facilmente aprendido e dificilmente esquecido” (FERREIRA, 2003) (NIELSEN, 2000).

“Eventualmente, uma boa interface poderá ter até fins terapêuticos e contribuir para aliviar as frustrações e o estresse do dia a dia” (PICARD, 2005).

Na linha de reflexão desenvolvida por Barbieri (2001) sobre a evolução de dados e sistemas, procurou-se elucidar as relações relevantes entre informação, organização e tomada de decisão, tendo como referência histórica, a revolução da informação. Segundo este autor, quando Seymour Pappert, um dos grandes estudiosos do Instituto de Tecnologia de Massachussets (MIT) disse, nos idos dos anos 70, que os dados e seus correlatos seriam responsáveis por uma revolução na sociedade, muitos duvidaram:

os dados até então, eram na realidade, meros coadjuvantes de um processo de desenvolvimento de sistemas, onde o empirismo metodológico de muitos e a aspiração de alguns definiam os caminhos a trilhar (BARBIERI, 2001, p.2).

Pela definição da ISO, usabilidade é a extensão na qual um produto pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com efetividade, eficiência e satisfação em um contexto de uso específico (ISO 9241-11, 2002).

Segundo Nielsen J. (1994):

Usabilidade está diretamente ligada ao diálogo na “interface” e é a capacidade do *Software* em permitir que o usuário alcance suas metas de interação com o sistema. Ser de fácil aprendizagem, permitir utilização eficiente e apresentar poucos erros são os aspectos fundamentais para a percepção da boa usabilidade por parte do usuário. A usabilidade está relacionada aos estudos de Ergonomia e de Interação Humano Computador.

A efetividade possibilita ao usuário alcançar os objetivos iniciais de interação e é avaliada em termos de finalização de uma tarefa e também em termos de qualidade do resultado obtido.

Eficiência, refere-se à quantidade de esforço e de recursos necessários para se chegar a um determinado objetivo. Os desvios que o usuário faz durante a interação e a quantidade de erros cometidos, podem servir para avaliar o nível de eficiência de um *site*, por exemplo.

A terceira medida da usabilidade, a satisfação, é a mais difícil de medir e quantificar, pois está relacionada com fatores subjetivos. A teoria dos conjuntos *fuzzy*, entretanto, possibilita essa medição. De maneira geral, satisfação se refere ao nível de conforto que o usuário sente ao utilizar a Interface e qual a aceitação como maneira de alcançar seus objetivos.

Segundo Turban (2004, p. 572):

A integração no computador, e em especial em sistemas de informação baseados na *WEB*, com tecnologias de inteligência artificial como reconhecimento de voz e de fala, poderá criar, diversas novas oportunidades de trabalho para pessoas com necessidades especiais.

Usabilidade, entretanto, não é algo que só afete pessoas que enxergam pouco ou que são daltônicas ou que tenham qualquer outro tipo de deficiência. Muito provavelmente alguém já cruzou, pelo menos uma vez, com uma página da internet tão mal concebida que o seu uso provoca frustração, perda de tempo ou confusão.

A primeira norma que definiu o termo usabilidade foi a (ISO 9126, 1991) sobre qualidade de *software*. Sua abordagem é claramente orientada ao produto e ao usuário, pois considera a usabilidade como “um conjunto de atributos de *software* relacionado ao esforço necessário para seu uso e para o julgamento individual de tal uso por determinado conjunto de usuários”.

Usabilidade é uma combinação das seguintes características orientadas ao usuário: facilidade de aprendizagem, rapidez no desempenho da tarefa; baixa taxa de erro e satisfação do usuário.

Considerando que a usabilidade deve ser planejada desde o projeto dos sistemas, Dix (1998) defende que o desenvolvimento de um sistema interativo deve contar com três grupos de profissionais integrados:

- ✓ especialistas no domínio do problema - pessoas que possuam um profundo conhecimento da área a qual a aplicação interativa pretende suportar;
- ✓ projetistas de *software* - profissionais da área de informática tais como projetistas de *software*, engenheiros de *software* e programadores, e
- ✓ projetistas de interação com usuário - usuários, projetistas de interação, avaliadores e especialistas em fatores humanos e em documentação.

Segundo Nielsen (2000), um dos principais pesquisadores sobre usabilidade, definiu-a como:

uma medida da qualidade da experiência do usuário ao interagir com alguma coisa - seja um *site* na Internet, um aplicativo de *software* tradicional, ou outro dispositivo que o usuário possa operar de alguma forma.

No livro *Usability Engineering*, Nielsen (1994, p.26), descreve cinco atributos da usabilidade:

1. Facilidade de aprendizado: o usuário rapidamente consegue explorar o sistema e realizar suas tarefas;
2. Eficiência de uso: tendo aprendido a interagir com o sistema, o usuário atinge níveis altos de produtividade na realização de suas tarefas;
3. Facilidade de memorização: após um certo período sem utilizá-lo, o usuário não freqüente é capaz de retornar ao sistema e realizar suas tarefas sem a necessidade de re-aprender como interagir com ele;
4. Baixa taxa de erros: o usuário realiza suas tarefas sem maiores transtornos e é capaz de recuperar erros, caso ocorram, e
5. Satisfação subjetiva: o usuário considera agradável a interação com o sistema e se sente subjetivamente satisfeito com ele.

Estes atributos de Nielsen (1994) podem ser comparados às medidas de eficácia, eficiência e satisfação da Norma Brasileira (NBR) (ISO 9241-11, 2002) e, sem dúvida, às facilidades de uso de Chris MacGregor (2003). Na verdade todos esses conceitos estão inter-relacionados e podem ser medidos e observados em diferentes contextos, uma vez que os gostos dos usuários nunca serão os mesmos.

A engenharia de usabilidade

tem raízes em diversas disciplinas incluindo a psicologia cognitiva, sociologia, ergonomia, semiótica e engenharia de *software* e está definida como a disciplina que fornece métodos estruturados para a obtenção da usabilidade durante o desenvolvimento de sistemas interativos (MAYHEW, 1999).

Na literatura, a definição de usabilidade é diversificada. Para Moraes (2002):

usabilidade diz respeito à habilidade do *software* em permitir que o usuário alcance facilmente suas metas de interação com o sistema. Desta forma, problemas de usabilidade estão relacionados com o diálogo da interface. Algumas deficiências deste tipo incluem: incompatibilidade entre produtos, inconsistência, decodificação difícil e estranheza.

Para Santos (2000) “usabilidade pode ser compreendida como a capacidade, em termos funcionais humanos, de um sistema ser usado facilmente e com eficiência pelo usuário”.

Bastien e Scapin (1993) consideram que “usabilidade é a capacidade do *software* em permitir que o usuário alcance suas metas de interação com o sistema”.

Para norma internacional (ISO 9241-11, 2002) que trata das recomendações ergonômicas, “a usabilidade é a capacidade que apresenta um sistema interativo de ser operado de maneira eficaz, eficiente e agradável, em um determinado contexto de operação, para a realização das tarefas de seus usuários”.

A definição da norma (ISO 9241-11, 2002) agrega bem, a multiplicidade deste conceito. Esta definição, abrange também as características físicas do hardware, as sinalizações, as informações prestadas ao usuário para uma utilização eficiente do sistema.

Santos (2002) afirma que:

as deficiências na usabilidade e incompatibilidade da interação homem-computador, que propiciam erros durante a operação dos sistemas informatizados e trazem dificuldades para o usuário, deve-se ao desconhecimento, por parte do projetista, da tarefa, do modo operatório e da estratégia de resolução de problemas do componente humano do sistema, assim como de métodos e técnicas para teste de usabilidade.

Ainda Santos (2002) afirmando que:

uma avaliação de usabilidade pode ser entendida como o procedimento para aquisição de informação sobre a usabilidade ou potencial de usabilidade de um sistema a fim de tanto aprimorar recursos numa interface em desenvolvimento e seu material de suporte quanto avaliar uma interface já finalizada.

Padovani (2002) defende que:

a diferença fundamental da abordagem da ergonomia para as outras disciplinas envolvidas na área de interação homem-computador é a aplicação das informações sobre as características comportamentais e psicológicas humanas ao *design* de sistemas que facilitem a interação com o usuário.

Segundo Dillon (1997):

o estudo dos usuários permite conhecer as maneiras como as tarefas de busca de informação são realizadas dentro dos sistemas computadorizados, como a informação é estruturada, como as experiências prévias influenciam as interações e como as estratégias dos usuários mudam com o passar do tempo. Desta forma extrapola a abordagem bipolar clássica pessoa-computador, realizando uma abordagem tripolar: pessoa-computador-tarefa.

Desta forma, a ergonomia adapta os sistemas às características dos usuários finais e às exigências técnicas e sociais de suas tarefas, visando uma melhora na eficácia da interação, do conforto e da satisfação do usuário final.

2.4.1 Tipos de problemas de usabilidade.

A priorização da lógica de funcionamento (até pouco tempo atrás, os sistemas vinham sendo projetados, desenvolvidos e testados, principalmente, em relação às suas funcionalidades) tem sido a causa principal para a geração de sistemas com problemas de usabilidade.

A análise de causas e efeitos de um problema de usabilidade permite algumas conclusões sobre a severidade deste tipo de problema. Por exemplo, um problema verificável para qualquer tipo de usuário é, logicamente, mais prioritário que um outro que se verifique somente para alguns tipos de usuários (usuário novato na operação, novato na tarefa, com problemas visuais, com idade avançada, por exemplo). Por seu lado, pode-se considerar também prioritário o problema de usabilidade que possa causar perda de tempo em tarefas com elevada frequência de realização ou o que cause falhas ou perda de dados em tarefas de elevada importância.

Dix (1998) destaca a importância da contínua avaliação de usabilidade durante o projeto, mesmo quando este já utiliza metodologias e modelos que visem a usabilidade, pois “é necessário avaliar nossos projetos e testar os nossos sistemas para garantir se o comportamento dos mesmos está verdadeiramente de acordo com as nossas expectativas e com os requisitos do usuário”.

O autor, Dix (1998) então, detalha:

a avaliação não deveria ser pensada como uma simples fase no processo de projeto. O ideal seria que a avaliação ocorresse durante todo o ciclo de vida do projeto, com os resultados da avaliação realimentando e modificando o projeto.

2.5 INTERAÇÃO HOMEM-COMPUTADOR

A IHC é um ambiente que permite o ser humano interagir com o computador através de um *software*. A interação também é envolvida por um outro aspecto: a extensão da usabilidade dessa mesma interação homem-computador. Esses níveis de usabilidade têm como objetivo atingir um grau de harmonia perfeito entre o usuário e o sistema.

Ela é uma área multidisciplinar que envolve as áreas de ciência da computação, psicologia, lingüística, fatores humanos, dentre outras. A IHC está voltada para a aplicação do conhecimento destas disciplinas para produzir interfaces amigáveis. Não é uma disciplina essencialmente voltada para o estudo de computação ou do ser humano, mas para a comunicação entre estas duas entidades.

Conhecimentos sobre as limitações da capacidade humana e restrições da tecnologia existente devem ser ponderados para oferecer ao usuário um meio adequado através do qual eles podem interagir com os computadores. Interação homem-computador é tudo que ocorre entre o ser humano e um computador utilizado para realizar algumas tarefas, ou seja, é a comunicação entre estas duas entidades. Interface homem-computador é o componente responsável por mapear ações do usuário em solicitações de processamento ao sistema (aplicação), bem como apresentar os resultados produzidos pelo sistema.

Segundo Dix (1998), a IHC pode ser definida como “a disciplina concernente ao projeto, avaliação e implementação de sistemas computacionais interativos para o uso humano e estudo dos principais fenômenos relacionados a esse uso”.

As interações homem-computador, segundo Hix e Hartson (1993), podem ser vistas como “o que acontece quando um usuário e um sistema computadorizado realizam tarefas, juntos”.

É comum encontrar-se interfaces que são difíceis de usar, confusas, e até mesmo frustrantes em alguns casos. Apesar de os projetistas gastarem tempo para desenvolver essas interfaces, os problemas acontecem. Quando se considera um sistema interativo, o termo fatores humanos assume vários significados. Dentro do nível fundamental, dever-se-ia entender a percepção visual, a psicologia cognitiva da

leitura, a memória humana e os raciocínios dedutivo e indutivo. No outro nível, se deveria entender o usuário e seu comportamento.

Por fim, seria necessário entender as tarefas que o *software* executa para o usuário e as tarefas que são exigidas do usuário quando da interação com o sistema.

2.6 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES

2.6.1 Metodologias de desenvolvimento de sistemas

Segundo Turban (2004) “Esta expressão tão ampla **desenvolvimento de sistemas** refere-se a todas as atividades e processos para desenvolver de forma efetiva os sistemas de informação na empresa”.

Foi realizado um estudo nos níveis estratégicos dos setores de desenvolvimento de sistemas do INCA e da DATAPREV. Utilizou-se como referência conceitual para a DATAPREV um modelo genérico de processo de gerenciamento da informação segundo Davenport (1988) e para o INCA, Tecnologia da Informação para Gestão (TURBAN, 2004).

2.6.2 Ciclo de vida de sistemas

Em seu livro tecnologia da informação para gestão, Turban et al, (2004), o conceito de ciclo de vida do desenvolvimento de sistemas, em inglês *Systems Development Life Cycle* (SDLC), é exposto numa abordagem ampla que remonta aos primeiros anos do processamento de dados, quando muitos desenvolvedores de *software* não utilizavam nenhum tipo de abordagem formal. O SDLC representa um conjunto de categorias gerais que mostra os principais passos, dentro de um determinado prazo, de um projeto de desenvolvimento de sistemas de informação. Nessas categorias gerais enquadram-se as tarefas individuais. Algumas dessas

tarefas estão presentes na maioria dos projetos, enquanto que outras só se aplicam a determinados tipos. Projetos menores podem prescindir de algumas tarefas das que são importantíssimas nos projetos maiores. Empresas que preferem comprar pacotes prontos no mercado, ou que preferem desenvolvê-los em fabricas de *software*, podem dar ênfase à fase de prototipação na construção de seus sistemas.

Segundo Turban (2004, p. 496):

Não existe uma versão universal, padronizada, de SDLC. As empresas de consultoria, bem como os grupos de sistemas de informação dentro das empresas, desenvolvem versões individualizadas, adequadas para suas operações e lhes dão nomes personalizados, como a *Andersen Consulting*, que chamou sua versão de *Method/1*.

Na obra *Tecnologia da informação para gestão* Turban (2004) defende que:

O SDLC tem dois significados diferentes. O SDLC pode ser uma estrutura conceitual geral para todas as atividades envolvidas no desenvolvimento ou aquisição de sistemas ou pode ser um processo de desenho e de desenvolvimento bastante estruturado e formalizado.

Hoje em dia, o ambiente tecnológico é muito mais potente e bem diferente de trinta anos atrás. O conceito do SDLC, apesar disso, continua importante principalmente para os grandes projetos. Nesse livro, Turban (2004, p. 500) afirma que “o SDLC precisa mudar e se adaptar às realidades do ambiente atual”.

2.6.3 Ciclo de vida dos projetos

Segundo o PMBOK, v 1.0, disponibilizado através da internet pelo PMI MG em 2007:

Como projetos possuem um caráter único, a eles está associado um certo grau de incerteza. As organizações que desenvolvem projetos usualmente os dividem em várias fases visando um melhor controle gerencial e uma ligação, mais adequada de cada projeto aos seus processos operacionais contínuos. O conjunto das fases de um projeto é conhecido como ciclo de vida do projeto.

2.7 A FAMÍLIA NBR ISO 9000

A ISO é uma organização internacional para a definição de normas de 148 países. A ISO aprova *Standards* internacionais em todos os campos técnicos exceto na eletricidade e Eletrônica.

A ABNT é a entidade oficial responsável pela discussão e edição de normas técnicas no Brasil. É a representante no país da ISO.

As normas da família NBR ISO 9000 foram concebidas para prover um conjunto genérico de normas de sistema da qualidade, aplicáveis a uma vasta extensão de indústrias e de setores econômicos. Elas são independentes de qualquer setor industrial/econômico específico. Coletivamente, fornecem as diretrizes para a gestão da qualidade e os requisitos gerais para a garantia da qualidade (a usabilidade das interfaces de *software* está neste contexto). São equivalentes à *International Organization for Standardization* (ISO) 9000.

2.8 SISTEMAS FUZZY

A teoria dos sistemas *fuzzy* foi criada em 1965 por Zadeh. Com estes sistemas pode-se realizar “operações com palavras”, onde os conjuntos *fuzzy* são os “valores” das palavras. O emprego destas para expressar as idéias forma uma linguagem. Um idioma é um modelo de expressão dos pensamentos, através de palavras. A teoria dos conjuntos *fuzzy* é uma linguagem que, por seu jeito de expressão, forma um idioma.

A lógica *fuzzy* é pautada na existência de uma gradação entre falso e verdadeiro. Segundo Zadeh, 1965 “Um conjunto *fuzzy* “A” é caracterizado por uma função de pertinência, relacionando os elementos de um domínio, espaço ou universo de discurso “X”, ao intervalo unitário [0,1]”.

Matematicamente, é representado assim: $\mu_A : X \rightarrow [0,1]$

A partir de 1978, Lofti Zadeh desenvolveu a teoria de possibilidades, que trata a incerteza da informação. A teoria dos conjuntos *fuzzy* ou nebulosos e a teoria de possibilidades estão intimamente ligadas. Como exemplo o conjunto nebuloso que

modela a informação “idade avançada” pode ser usado para modelar a distribuição de possibilidade da idade de uma dada pessoa da qual só sabemos que ela é idosa.

O fato das teorias serem ligadas, é importante no sentido de que é possível tratar tanto a imprecisão quanto a incerteza de um conjunto de informações em um único ambiente formal. Estas teorias tendem a crescer cada vez mais, sobretudo em sistemas híbridos, que incorporam abordagens conexionistas e evolutivas, no que é chamado hoje em dia, de computação flexível do inglês “*soft computing*”.

Segundo Zadeh (2004) “o princípio que guia a computação flexível é: explorar tolerâncias e imprecisão, a incerteza e a veracidade parcial para alcançar tratabilidade, robustez e baixo custo de solução”.

Segundo Lazzari et al, (1998):

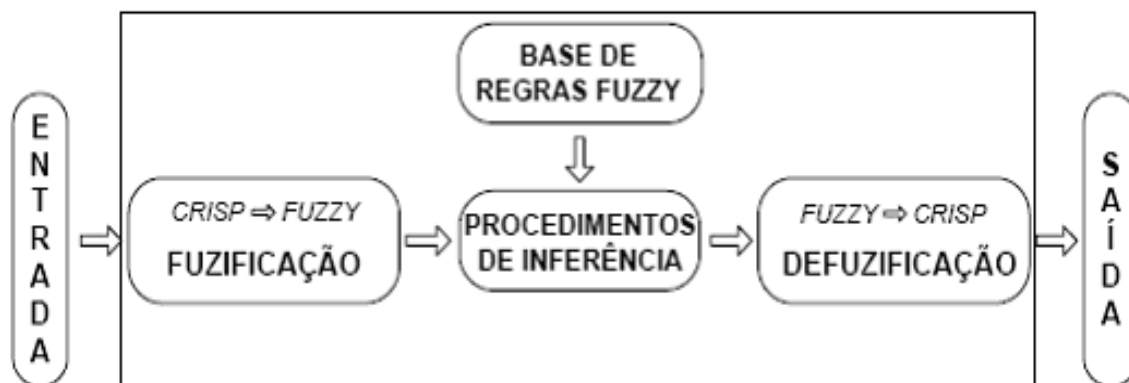
Decidir, exercer preferências entre alternativas, é próprio da ação humana. A essência da ação humana é desenvolver os artifícios capazes de governar, modificar, etc, os aspectos da natureza com a finalidade de satisfazer necessidades humanas. A ação humana assim concebida, pressupõe ordens de preferências, graus de satisfação, etc.

Devido à resistência dos cientistas, a Lógica *Fuzzy* cresceu no mercado comercial para depois se desenvolver nas universidades.

Um sistema *fuzzy* típico é composto de entrada, fuzificação, base de regras, procedimentos de inferência, defuzificação e saída. A partir dos dados coletados são formuladas regras para os dados de entrada do sistema. O sistema é baseado em regras, que traduzem conceitos qualitativos, noções vagas e imprecisas do mundo real. As regras formadas por implicações *fuzzy* (em forma de proposições se... então...) combinadas por operadores, nos leva a “inferir” conjuntos *fuzzy*. Para situações que requerem uma resposta precisa, o conjunto *fuzzy* de saída é transformado num valor único (valor *crisp* ou nítido), pelo processo de defuzificação (BELLMAN e ZADEH, 1970).

Portanto o raciocínio *fuzzy* é uma metodologia de inferência que utiliza ferramentas e conceitos de lógica *fuzzy* para atingir seus objetivos e conclusões. A estrutura geral de um sistema de inferência *fuzzy* está representada na Figura 1.

Figura 1 - Estrutura geral de um sistema de inferência *fuzzy*



Fonte: HAMMELL II, 2004

Fuzificação segundo Shaw e Simões (1999):

É o mapeamento do domínio de números reais (em geral discretos) para o domínio *fuzzy*. Fuzificação também representa que há atribuição de valores lingüísticos, descrições vagas ou qualitativas, definidas por funções de pertinências às variáveis de entrada. A fuzificação é uma espécie de pré-processamento de categorias ou classes dos sinais de entrada, reduzindo grandemente o número de valores a serem processados.

Existem quatro métodos básicos de regras de controle *fuzzy*, o baseado na extração de conhecimento de especialistas, o baseado na observação de um operador humano, o baseado num modelo *fuzzy* e o baseado em aprendizado. O resultado de uma inferência *fuzzy* é, necessariamente, um resultado lingüístico, também denominado de vetor lingüístico, que apresenta um grau de pertinência inferido para cada termo lingüístico definido, tornando, assim, o sistema pronto para o processo de defuzificação.

O processo de defuzificação pode ser definido como uma função que associa a cada conjunto *fuzzy* um elemento (do conjunto abrupto subjacente) que o represente. Não é exatamente o processo inverso da fuzificação. Existem alguns métodos bastante utilizados de obter o valor condensado a partir do conjunto *fuzzy*, dentre eles podemos destacar: centróide da área, média dos máximos, média dos centros. A relação entre o valor lingüístico e o seu correspondente valor real, é explicitada a partir das definições das funções de pertinência utilizadas no processo de defuzificação. Visto que a lógica *fuzzy* tenta imitar as decisões humanas, um bom método de defuzificação deve se aproximar de tal abordagem.

2.8.1 A decisão *fuzzy*

A teoria de sistema *fuzzy* é baseada na idéia intuitiva dos conjuntos *fuzzy*, introduzida por Zadeh (1965), e tem o objetivo de desenvolver uma metodologia para a formulação e solução de sistemas com contornos mal definidos e imprecisos num sentido estritamente matemático e que não podem ser modelados e resolvidos por técnicas convencionais (KANDEL, 1982).

No campo da tomada de decisão é feito o estudo de como as decisões ocorrem e como elas podem ser mais bem elaboradas e com maior sucesso, sendo definida para incluir qualquer escolha ou seleção de alternativas. A aplicação dos conjuntos *fuzzy* na tomada de decisão tem por objetivo considerar as vaguezas inerentes no processo.

Na teoria de tomada de decisão é assumido que os dados, os objetivos e as restrições são bem conhecidos, porém esta suposição raramente é satisfeita. Nos problemas quando esta suposição não é verdadeira, os objetivos e/ou restrições constituem uma classe de alternativas cujos limites não são “bem definidos”. Nestes casos, a tomada de decisão é conhecida como um processo de decisão em um empreendimento *fuzzy*, no qual os objetivos e/ou restrições são nebulosos por natureza (BELLMAN; ZADEH, 1970).

Muitas propriedades atribuídas aos objetos da ciência e da vida cotidiana são imprecisas. Neste caso é necessário introduzir metodologias que modelem a imprecisão. O princípio de incompatibilidade apresentado por Zadeh (1973) permite a proposição que, quando a complexidade de um sistema excede um certo limite, torna-se impossível descrever o comportamento do sistema de forma precisa e determinística, explicitando a fragilidade da lógica formal.

Os conceitos básicos dos conjuntos *fuzzy* (Zadeh, 1965), tiveram como finalidade processar as informações subjetivas, de natureza vaga e incerta da linguagem natural. Na matemática básica, os conceitos subjetivos são impossíveis de serem modelados.

Segundo Moré (2004), em sua tese de doutorado:

Lógica *fuzzy* é a ciência que se preocupa com os princípios formais do raciocínio aproximado. Procura modelar os modos imprecisos do raciocínio que têm um papel fundamental na habilidade humana de tomar decisões.

A metodologia *fuzzy* permite trabalhar a ambigüidade. Isto abre a perspectiva de estrutura quantitativa alternativa que substitui a lógica aristotélica do meio excludente (é ou não é) pela lógica de Bertrand Russel citado por Kosko (1996), na qual afirmações vagas podem ter valores pertinentes no intervalo entre zero (0) e um (1).

Neste paradigma, os extremos representam a ausência e a plenitude da pertinência, respectivamente. Exemplo: "grama ser verde" pode ser verdadeiro para determinada pessoa com pertinência de 80 dentre 100 e para outra, igual valor ou diferente, aqui entendido como um filtro. Isto quer dizer que na percepção de cada sujeito haverá uma ambigüidade em dizer quanto verde é a grama.

Surge uma lógica subjetiva, a lógica *fuzzy*, baseada na linguagem natural, expressa por variáveis lingüísticas que poderão ser transformadas em valores por uma métrica - sistema *fuzzy* cujo princípio é o "Postulado da Possibilidade" - (BELLMAN & ZADEH (1970).

A hipótese básica na lógica *fuzzy* é que tais distribuições de possibilidades são induzidas pelas proposições expressas na linguagem natural.

A lógica *fuzzy* permite na prática, computar com palavras, convertendo os estímulos em respostas ou medidas em ações de controle.

A partir dos anos 90, a lógica *fuzzy* tem tido aplicações na teoria da decisão, em sistemas de controle e no delineamento de perfis comportamentais de sistemas operacionais, sobretudo nas áreas de Engenharia Elétrica, Inteligência Artificial e Planejamento Estratégico e, mais recentemente, na Ciência da Informação.

Decisões humanas são de alguma forma baseadas nas expectativas geradas a partir das vivências. Tanto os estímulos quanto as sensações catalisadas no mundo concreto, via verbalizações, podem ser operacionalizadas pela lógica *fuzzy*, visto que são entes ambíguos.

Em 1965 Zadeh iniciou na Universidade da Califórnia estudos sobre o desenvolvimento da teoria de conjunto modificado chamada *fuzzy sets*.

Esta teoria permite criar instrumentos que tornam possível a descrição dos "nebulosos" e trabalhá-los. A idéia principal desta teoria é muito simples e natural.

Se não somos capazes de determinar os limites exatos de um elemento pertencente ao conjunto, definida de forma ambígua, faz-se necessário buscar uma escala que permita tomar a decisão, quando o valor é ou não pertinente ao conjunto, apreendido pela nossa crença.

O grau de pertinência não deve ser avaliado sob a ótica da teoria da probabilidade, mas sob a ótica das possibilidades, pois a *fuzziness* opera com conjuntos ambíguos, em que, a cada elemento associam-se graus de pertinência intermediários, entre o "pertencer" e "não pertencer".

Seja a definição mais precisa, explicitada pelos conjuntos *fuzzy* $X = [x]$ uma coleção de objetos (pontos) denotados por x , assim o conjunto A em X é o conjunto de pares ordenados: $A = (X, \mu_A(x))$ $x \in X$, onde X é a variável, contínua ou discreta, do universo em estudo. A função $\mu_A(x)$ é o grau de pertinência de x em A , sendo $\mu_A : X \in M$ é uma função de X ao espaço M , chamado de espaço de pertinência, quando no intervalo $[0,1]$.

Estes conjuntos permitem que se definam operações binárias internas (união, interseção, complemento) semelhantes às existentes nos conjuntos clássicos.

3 METODOLOGIA

A metodologia “é uma preocupação instrumental. Trata das formas de fazer ciência. Cuida das ferramentas, dos procedimentos, dos caminhos” (DEMO, 1985, p. 19).

Para alcançar um fim específico, o método é a ordem que é dada aos diferentes procedimentos que são adotados. Segundo Lakatos e Marconi (1991), “a ciência inexistente sem o emprego de métodos científicos”.

3.1 ABORDAGEM

Em relação aos seus objetivos, esta pesquisa situa-se em uma abordagem quantitativa, voltada a mensurar o resultado de um questionário específico. A metodologia de pesquisa quantitativa tem seu caminho orientado para encontrar associações e explicações matematicamente comprovadas. Esta se volta à investigação da similaridade existente entre as opiniões dos desenvolvedores de sistemas sobre os critérios ergonômicos mais importantes para a boa usabilidade das interfaces de *software* dos aplicativos (sistemas informatizados) do INCA e da DATAPREV, como um referencial a ser utilizado nos sistemas para a área de saúde, desenvolvidos internamente ou adquiridos no mercado bem como nos sistemas desenvolvidos para o Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS).

3.2 TIPOLOGIA DA PESQUISA

Quanto à tipologia, esta pesquisa identifica-se como um Estudo de Caso, caracterizado pela investigação de poucos objetos, de forma exaustiva, de modo a permitir que os conhecimentos adquiridos sejam amplos e detalhados.

O estudo de caso pode ser definido como:

[...] uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto real de vida, especialmente quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são absolutamente evidentes (YIN, 2001, p. 13)

Segundo Yin (1981a, 1981b): “Deve haver estudos de caso exploratórios, estudos de caso descritivos ou estudos de caso explanatórios. Também deve haver experimentos exploratórios, experimentos descritivos e experimentos explanatórios”.

Diferenciam-se as estratégias em função das três condições apresentadas: tipo de questão de pesquisa proposta; extensão de controle que o pesquisador tem sobre eventos comportamentais atuais e grau de enfoque em acontecimentos contemporâneos em oposição a acontecimentos históricos. A Tabela 1, mostra como cada uma se relaciona às cinco principais estratégias de pesquisas nas ciências sociais: experimentos, levantamentos, análise de arquivos, pesquisas históricas e estudos de caso (YIN, 2005).

Tabela 1 Situações relevantes para diferentes estratégias de pesquisa

Estratégia	Forma de questão de pesquisa	Exige controle sobre eventos comportamentais	Focaliza acontecimentos contemporâneos
Experimento	como, por que	sim	sim
Levantamento	quem o que, onde, quantos, quanto	não	sim
Análise de arquivos	quem o que, onde, quantos, quanto	não	sim/não
Pesquisa histórica	como, por que	não	não
Estudo de caso	como, por que	não	sim

Fonte: COSMOS Corporation (1981)

O Estudo de Caso enfatiza uma análise contextual detalhada de poucos fatos ou condições e suas inter-relações, onde uma ênfase em detalhes fornece informações valiosas para a solução de problemas, avaliação e estratégia. Assim, um único estudo de caso pode representar um desafio importante para a teoria e

comportar-se como a fonte de novas hipóteses e construtos (COOPER e SCHINDLER, 2003).

Neste Estudo de Caso, observa-se a similaridade na avaliação do grau de importância dos critérios ergonômicos a serem incorporados às interfaces de *software* dos aplicativos para a área de saúde, aqui representada pelo INCA e para a previdência social, representada pela DATAPREV.

3.3 MÉTODO DE ABORDAGEM

Nesse trabalho, o método de abordagem é o dedutivo, pois segundo Lakatos e Marconi (1991, p. 62),

dizemos que casos particulares são “referidos” a princípios gerais quando aqueles são dedutíveis destes, que se encontram associados a algo, cuja finalidade é assinalar o particular que se encontra em causa. Em outras palavras, explicar algo é apresentá-lo como um caso especial de algo que se conhece no geral.

3.4 MÉTODO DE PROCEDIMENTOS

Segundo Lakatos e Marconi (1991, p. 81):

os métodos de procedimentos seriam etapas mais concretas de investigação, com finalidade mais restrita em termos de explicação geral dos fenômenos e menos abstratos. Dir-se-ia até serem técnicas que, pelo uso mais abrangente, se erigiram em métodos. Pressupõe-se uma atitude concreta em relação ao fenômeno e estão limitadas a um domínio particular.

Na visão de Lakatos e Marconi (1991, p. 85), fica claro que “o conceito de sociedade visto como um todo em funcionamento é um sistema em operação. E o papel das partes nesse todo é compreendido como funções no complexo de estrutura e organização”.

3.5 AMOSTRA

Uma amostra é uma parte da população selecionada de acordo com regras pré-estabelecidas, cuja finalidade é representar essa população. Nessa situação, os pesquisadores interessam-se pela estimativa de um ou mais valores da população ou no teste de hipóteses estatísticas (COOPER e SCHINDLER, 2003).

Nesse tipo de processo de investigação, é válido trabalhar com amostras por apresentar custos baixos, rapidez nas respostas e por possibilitar análises, apesar disso, fidedignas. A amostra considerada foi a de profissionais de informática de empresas do governo sendo uma delas da área de saúde e outra da previdência social. Os dados resultantes foram sobre as observações das opiniões de sete desenvolvedores de aplicativos de Tecnologia da Informação do INCA e oito desenvolvedores de aplicativos da DATAPREV, com base nas respostas dadas ao questionário elaborado com 194 frases afirmativas.

3.5.1 Local de realização das pesquisas

O estudo foi desenvolvido no departamento de TI da instituição da área de saúde do governo federal responsável pelo tratamento do câncer no Brasil, o INCA e na Divisão de Administração de Dados dentro da área de TI na DATAPREV, empresa de tecnologia de sistemas previdenciários do INSS.

3.5.2 Localização das empresas

O INCA localiza-se na rua do Resende, 49, Centro, nesta cidade do Rio de Janeiro – RJ e a DATAPREV na Rua Professor Álvaro Rodrigues, 460, Botafogo, nesta cidade do Rio de Janeiro – RJ.

3.6 MÉTODO DE COLETA DE DADOS

3.6.1 Apresentação do questionário

No caso específico do questionário usado neste estudo, em se tratando de dados que expressam as opiniões pessoais dos profissionais convidados, a condição de confidencialidade merece ênfase especial, uma vez que as informações encontram-se ligadas a referenciais de saúde e da previdência social estratégicos para as instituições envolvidas. O questionário foi formado por cento e noventa e quatro questões sobre ergonomia na usabilidade das interfaces de *software*, com o objetivo de levantar as opiniões dos desenvolvedores sobre os graus de importância dos critérios. As possibilidades de respostas foram: *Muito Importante (MI)*, *Importante (I)*, *Moderadamente importante (Mol)*, *Pouco Importante (PI)* e *Sem Importância (SI)*. Ele foi apresentado em meio digital, em arquivo excel, com um texto preparado para eliminar possíveis dúvidas relacionadas às questões que compõem cada critério avaliado (APÊNDICE C).

3.6.2 Caracterização do INCA

O INCA é o órgão do Ministério da Saúde, vinculado à Secretaria de Atenção à Saúde, responsável por desenvolver e coordenar ações integradas para a prevenção e controle do câncer no Brasil. Tais ações são de caráter multidisciplinar e compreendem a assistência médico-hospitalar, prestada direta e gratuitamente aos pacientes com câncer, no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), e a atuação em áreas estratégicas como a prevenção e detecção precoce, a formação de profissionais especializados, o desenvolvimento de pesquisas e a informação epidemiológica. Todas as atividades do INCA têm como objetivo reduzir a incidência e a mortalidade causada pelo câncer no Brasil. Nesse contexto, os aplicativos da área de saúde, no INCA, vem sendo referência em TI há muito tempo.

Há, no INCA, um ambiente tecnológico no qual seus profissionais utilizam intensivamente aplicativos específicos da área médica, amparados em uma metodologia de desenvolvimento de sistemas extremamente eficaz e simples de seguir. Esse ambiente é propício à incorporação de mudanças de conceitos para aumentar ainda mais, a qualidade dos aplicativos nele desenvolvidos.

3.6.3 Caracterização da DATAPREV

A DATAPREV é uma empresa pública vinculada ao Ministério da Previdência Social (MPS), instituída há 30 anos, pela Lei nº 6.125 de 10 de março de 1975, com o estatuto aprovado pelo Decreto nº 75.463 de 10 de março de 1975, CNPJ 42.422.253/0001/01, com personalidade jurídica de direito privado, patrimônio próprio e autonomia administrativa e financeira. Seu cliente majoritário é o INSS, com o qual se vincula numa relação de interdependência. Ela tem por objetivo estudar e viabilizar tecnologias de informática na área da Previdência Social, conforme publicado pelo Estatuto da Empresa DEC. 4.312 de 24 de julho de 2002.

A DATAPREV é responsável pelo processamento da maior folha de pagamento do país, alcançando mais de 20 milhões de beneficiários/mês.

A sede da Empresa fica localizada na SAS Quadra 1, Blocos E/F, Brasília/DF CEP 70070-931 PABX: (61) 3313-3076/3313-3077 FAX (61) 3321-4780, tendo como endereço na *Internet* **www.dataprev.gov.br**.

A DATAPREV, como parte integrante do contexto público, enfrenta o desafio de se transformar em uma empresa reconhecida pela excelência na prestação de serviços e, por via de consequência, pela contribuição às instituições públicas, à sociedade civil e ao mercado.

3.7 APLICAÇÃO DO MODELO

3.7.1 Determinação das variáveis lingüísticas

Na primeira etapa as variáveis lingüísticas foram determinadas através do projeto *Ergolist* (resultado da colaboração entre o SoftPólis, núcleo Softex-2000 de Florianópolis, e o LabUtil), que nos permitiu identificar os 18 critérios ergonômicos e seus 194 itens.

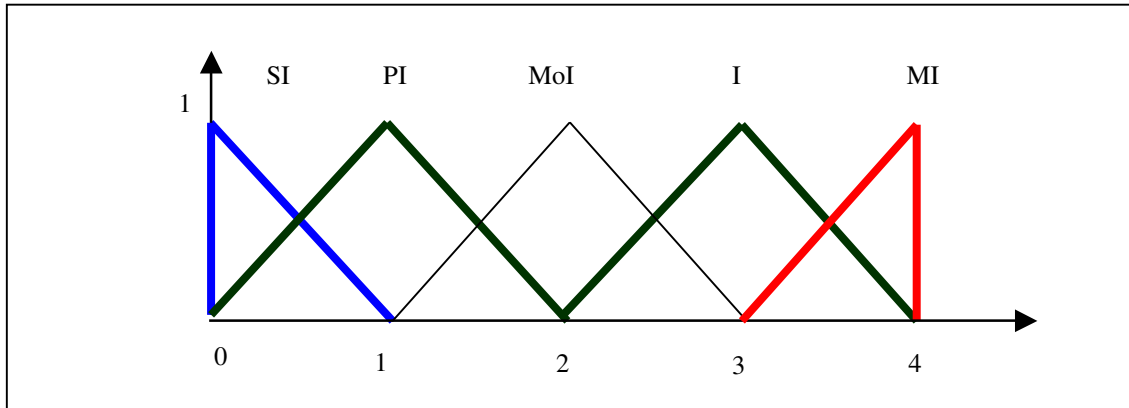
3.7.2 Elaboração do questionário

Na segunda etapa o questionário foi aplicado em 7 desenvolvedores de sistemas no INCA e 8 da DATAPREV. Os dados foram compilados utilizando-se o *software* MATLAB 7.0 (R14) e as fases do trabalho, a seguir, foram executadas de acordo o modelo Rocha estendido usado por Belchior (1997).

3.7.3 Escolha dos conjuntos *fuzzy* triangulares

Na terceira etapa, os termos relacionados aos graus de importância foram representados através de conjuntos *fuzzy* triangulares conforme figura 2, pela capacidade de representar graficamente de forma simples e tratar muito bem, informações com alto grau de incerteza e de indefinição, como são as variáveis lingüísticas que traduziram as opiniões dos entrevistados (PEDRYCZ, 1994).

Figura 2 – Conjuntos *fuzzy* dos termos relacionados aos graus de importância



Fonte: elaboração própria

Na tabela seguinte, são apresentados os números triangulares *fuzzy* correspondentes aos conjuntos *fuzzy* escolhidos:

Tabela 2 – Números *fuzzy* triangulares correspondentes aos conjuntos *fuzzy*

VALOR DO TERMO FUZZY	NÚMERO FUZZY TRIANGULAR	GRAU DE IMPORTÂNCIA
4	(3,4,4)	Muito Importante (MI)
3	(2,3,4)	Importante (I)
2	(1,2,3)	Moderadamente Importante (MoI)
1	(0,1,2)	Pouco Importante (PI)
0	(0,0,1)	Sem Importância (SI)

Fonte: elaboração própria.

3.7.4 Aplicação dos questionários aos desenvolvedores

Assim, após reunir os questionários respondidos, iniciou-se um processo de *fuzzificação*. Os três valores que formam cada triângulo *fuzzy* conforme a tabela 2 têm diferentes significados: o valor do extremo esquerdo representa o menor valor com a menor possibilidade de pertencer ao conjunto *fuzzy*; o valor central é o valor com maior possibilidade de pertencer ao conjunto *fuzzy* e o valor da extrema direita representa o maior valor com a menor possibilidade de pertencer ao conjunto *fuzzy*.

3.7.5 Agregação das opiniões dos desenvolvedores

A opinião agregada (VA_g) sobre a importância de um determinado atributo pertencente a um critério ergonômico é determinada através da fórmula da média ponderada fuzzy, um operador lingüístico que permite agregar as opiniões obtidas.

$$VA_g = \frac{\sum_{i=1}^n (QR_j * VTf)_i}{n}$$

onde i é o número de desenvolvedores ($n=7$ no caso do INCA e $n=8$ no caso de DATAPREV) QR_j é a quantidade de respondentes com a opinião j (MI, I, MoI, PI, SI), e VTf é o valor do termo fuzzy (0,1, 2, 3 ou 4).

Em seguida, aplicou-se o modelo Rocha estendido

3.7.6 Cálculo do grau de concordância

O cálculo do grau de concordância entre as opiniões dos desenvolvedores é realizado através da relação existente entre a área de interseção e a área total das opiniões.

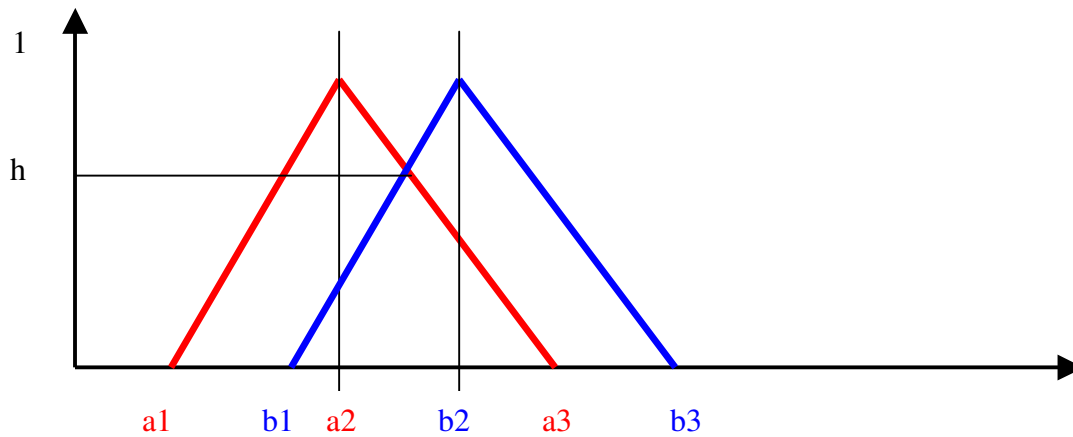
$$GC = \frac{AI}{AT} = \frac{\int_x \min(\mu_{\tilde{A}_i}(x), \mu_{\tilde{A}_j}(x)) dx}{\int_x \max(\mu_{\tilde{A}_i}(x), \mu_{\tilde{A}_j}(x)) dx}$$

No cálculo do grau de concordância temos 16 possibilidades diferentes que representamos a seguir:

- Primeiro caso com dois triângulos (a_1, a_2, a_3) e (b_1, b_2, b_3)

Consideremos que $a_1 < b_1 < a_2 < b_2 < a_3 < b_3$, então teremos a figura 3, abaixo:

Figura 3 – Representação de $a_1 < b_1 < a_2 < b_2 < a_3 < b_3$



Fonte: elaboração própria

A função de pertinência do primeiro número triangular *fuzzy* (a_1, a_2, a_3) é:

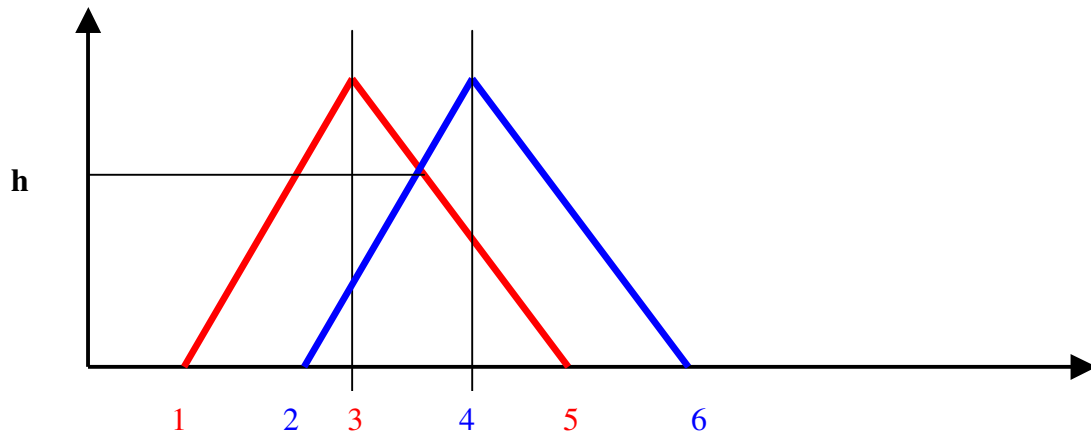
$$\begin{cases} \mu_A(x) = 0 & x < a_1 \\ \mu_A(x) = \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \mu_A(x) = \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \mu_A(x) = 0 & x > a_3 \end{cases}$$

A função de pertinência do segundo número triangular *fuzzy* (b_1, b_2, b_3) é:

$$\begin{cases} \mu_B(x) = 0 & x < b_1 \\ \mu_B(x) = \frac{x - b_1}{b_2 - b_1}, & b_1 \leq x \leq b_2 \\ \mu_B(x) = \frac{b_3 - x}{b_3 - b_2}, & b_2 \leq x \leq b_3 \\ \mu_B(x) = 0 & x > b_3 \end{cases}$$

Suponhamos que temos dois números triangulares *fuzzy* (1, 3, 5) e (2, 4, 6). Como $1 < 2 < 3 < 4 < 5 < 6$, a representação – ver figura 4, a seguir – desses números seria:

Figura 4 – Representação de $1 < 2 < 3 < 4 < 5 < 6$



Fonte: elaboração própria

A interseção dos dois triângulos daria um triângulo com base $(5-2)$ ou (a_3-b_1) e altura h . A área desse triângulo seria

$$A = \left(\frac{\text{base} * h}{2} \right) = \left(\frac{(5-2) * h}{2} \right) = \left(\frac{(a_3 - b_1) * h}{2} \right)$$

Devemos calcular o valor de h . Esse valor está dado pela interseção de duas retas; a reta 1 e a reta 2, ou seja,

$$\begin{cases} \mu_A(x) = \frac{5-x}{5-3}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \mu_B(x) = \frac{x-2}{4-2}, & b_1 \leq x \leq b_2 \end{cases}$$

vamos ter o ponto de interseção onde $\mu_A(x) = \mu_B(x)$

$$\frac{5-x}{5-3} = \frac{x-2}{4-2}, \quad 5-x = x-2, \quad 7-2x = 0, \quad x = 3,5; \quad \mu_A(x) = \frac{5-x}{5-3}, \quad \mu_A(x) = \frac{5-3,5}{5-3} = 0,75$$

a altura é 0,75 e a base é igual a $5-2=3$, ou seja, a área de interseção resulta $0,75 * 3 = 2,25$

De forma geral teríamos:

$$\mu_A(x) = \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2} = \mu_B(x) = \frac{x - b_1}{b_2 - b_1}$$

$$\frac{a_3 - x}{a_3 - a_2} = \frac{x - b_1}{b_2 - b_1}$$

$$x = \frac{(a_2 \cdot b_1) - (a_3 \cdot b_2)}{(a_2 - a_3) + (b_1 - b_2)}$$

Para dois números triangulares *fuzzy* (1, 3, 5) e (2, 4, 6). $x=3,5$

A altura h do triângulo que representa o ponto de interseção vai ser determinada a partir de $\mu_A(x)$ ou $\mu_B(x)$

Substituindo, obteremos:

$$\mu_A(x) = h = \frac{a_3 - \frac{(a_2 \cdot b_1) - (a_3 \cdot b_2)}{(a_2 - a_3) + (b_1 - b_2)}}{(a_3 - a_2)}, \text{ ou, } \mu_B(x) = h = \frac{\frac{(a_2 \cdot b_1) - (a_3 \cdot b_2)}{(a_2 - a_3) + (b_1 - b_2)} - b_1}{(b_2 - b_1)} \quad h=0,75$$

A área de interseção AI :

$$AI = \frac{(a_3 - b_1) \cdot \left(\frac{a_3 - \frac{(a_2 \cdot b_1) - (a_3 \cdot b_2)}{(a_2 - a_3) + (b_1 - b_2)}}{(a_3 - a_2)} \right)}{2} = 1,125$$

A área total AT vai ser calculada a partir da seguinte expressão:

$AT = A\Lambda(a_1, a_2, a_3) - AI + A\Lambda(b_1, b_2, b_3)$, onde Λ representa o triângulo.

$$AT = 4 - 1,125 + 4 = 3,875$$

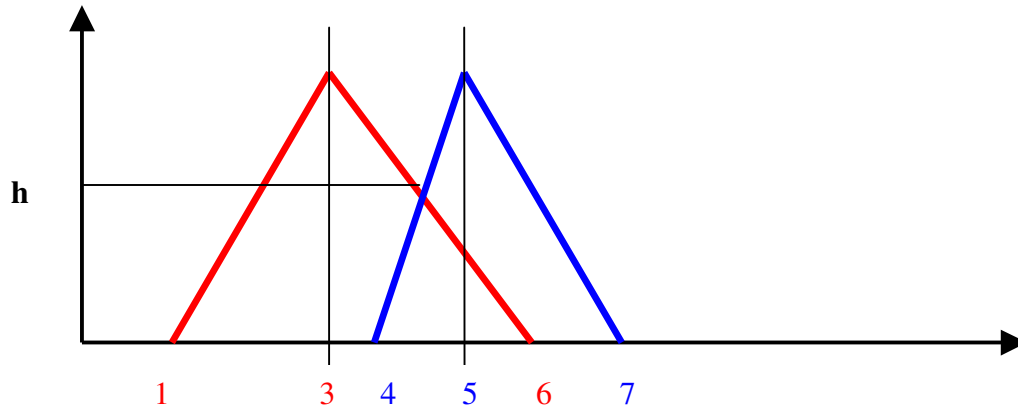
Para calcular a concordância entre as duas opiniões:

$$GC = \frac{AI}{AT} = 0,1428$$

- Segundo caso com dois triângulos (a_1, a_2, a_3) e (b_1, b_2, b_3)

Consideremos que $a_1 < a_2 < b_1 < b_2 < a_3 < b_3$, então teremos a figura 5, abaixo:

Figura 5 – Representação de $a_1 < a_2 < b_1 < b_2 < a_3 < b_3$



Fonte: elaboração própria

Podemos mostrar o exemplo dos triângulos $(1, 3, 6)$ e $(4, 5, 7)$:

A função de pertinência do primeiro número triangular *fuzzy* (a_1, a_2, a_3) é:

$$\begin{cases} \mu_A(x) = 0 & x < a_1 \\ \mu_A(x) = \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \mu_A(x) = \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \mu_A(x) = 0 & x > a_3 \end{cases}$$

A função de pertinência do segundo número triangular *fuzzy* (b_1, b_2, b_3) é:

$$\begin{cases} \mu_B(x) = 0 & x < b_1 \\ \mu_B(x) = \frac{x - b_1}{b_2 - b_1}, & b_1 \leq x \leq b_2 \\ \mu_B(x) = \frac{b_3 - x}{b_3 - b_2}, & b_2 \leq x \leq b_3 \\ \mu_B(x) = 0 & x > b_3 \end{cases}$$

Suponhamos que temos dois números triangulares *fuzzy* (1, 3, 6) e (4, 5, 7).

$$x = \frac{(a_3 \bullet b_2) - (a_2 \bullet b_1)}{(b_2 - b_1) + (a_3 - a_2)}$$

Para dois números triangulares *fuzzy* (1, 3, 6) e (4, 5, 7), a altura h do triângulo que representa o ponto de interseção vai ser determinada a partir de $\mu_A(x)$ ou $\mu_B(x)$

Substituindo, obteremos:

$$\mu_A(x) = h = \frac{a_3 - \frac{(a_2 \bullet b_1) - (a_3 \bullet b_2)}{(a_2 - a_3) + (b_1 - b_2)}}{(a_3 - a_2)}, \text{ ou, } \mu_B(x) = h = \frac{\frac{(a_2 \bullet b_1) - (a_3 \bullet b_2)}{(a_2 - a_3) + (b_1 - b_2)} - b_1}{(b_2 - b_1)}$$

A área de interseção AI:

$$AI = \frac{(a_3 - b_1) \bullet \left(\frac{a_3 - \frac{(a_2 \bullet b_1) - (a_3 \bullet b_2)}{(a_2 - a_3) + (b_1 - b_2)}}{(a_3 - a_2)} \right)}{2}$$

A área total AT vai ser calculada a partir da seguinte expressão:

$$AT = A\Lambda(a_1, a_2, a_3) - AI + A\Lambda(b_1, b_2, b_3)$$

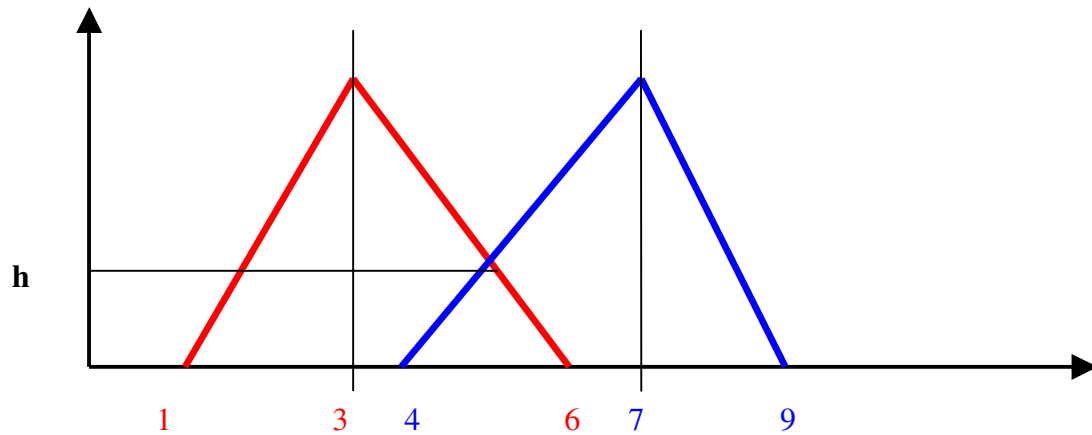
Para calcular o grau de concordância entre as opiniões representadas pelos números triangulares *fuzzy* (1, 3, 6) e (4, 5, 7).

$$GC = \frac{AI}{AT}$$

- Terceiro caso com dois triângulos (a1, a2, a3) e (b1, b2, b3)

Consideremos que $a_1 < a_2 < b_1 < a_3 < b_2 < b_3$, então teremos a figura 6, abaixo:

Figura 6 – Representação de $a_1 < a_2 < b_1 < a_3 < b_2 < b_3$



Fonte: elaboração própria.

Suponhamos que temos dois números triangulares *fuzzy* (1, 3, 6) e (4, 7, 9). A função de pertinência do primeiro número triangular *fuzzy* (a_1, a_2, a_3) é:

$$\begin{cases} \mu_A(x) = 0 & x < a_1 \\ \mu_A(x) = \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \mu_A(x) = \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \mu_A(x) = 0 & x > a_3 \end{cases}$$

A função de pertinência do segundo número triangular *fuzzy* (b_1, b_2, b_3) é:

$$\begin{cases} \mu_B(x) = 0 & x < b_1 \\ \mu_B(x) = \frac{x - b_1}{b_2 - b_1}, & b_1 \leq x \leq b_2 \\ \mu_B(x) = \frac{b_3 - x}{b_3 - b_2}, & b_2 \leq x \leq b_3 \\ \mu_B(x) = 0 & x > b_3 \end{cases}$$

Para estes dois números triangulares *fuzzy* (1, 3, 6) e (4, 7, 9).

$$x = \frac{(a_3 \bullet b_2) - (a_2 \bullet b_1)}{(b_2 - b_1) + (a_3 - a_2)}$$

A altura h do triângulo que representa o ponto de interseção vai ser determinada a partir de $\mu_A(x)$ ou $\mu_B(x)$

Substituindo, obteremos:

$$\mu_A(x) = h = \frac{a_3 - \frac{(a_2 \cdot b_1) - (a_3 \cdot b_2)}{(a_2 - a_3) + (b_1 - b_2)}}{(a_3 - a_2)}, \text{ ou, } \mu_B(x) = h = \frac{\frac{(a_2 \cdot b_1) - (a_3 \cdot b_2)}{(a_2 - a_3) + (b_1 - b_2)} - b_1}{(b_2 - b_1)}$$

A área de interseção AI :

$$AI = \frac{(a_3 - b_1) \cdot \left(\frac{a_3 - \frac{(a_2 \cdot b_1) - (a_3 \cdot b_2)}{(a_2 - a_3) + (b_1 - b_2)}}{(a_3 - a_2)} \right)}{2}$$

A área total AT vai ser calculada a partir da seguinte expressão:

$$AT = A\Lambda(a_1, a_2, a_3) - AI + A\Lambda(b_1, b_2, b_3)$$

Para calcular o grau de concordância entre as opiniões representadas pelos números triangulares *fuzzy* (1, 3, 6) e (4, 7, 9).

$$GC = \frac{AI}{AT}$$

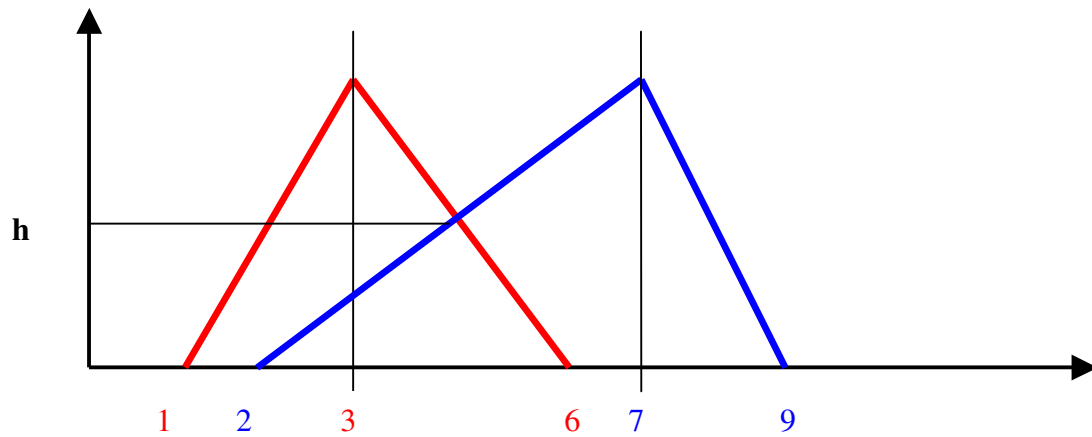
- Quarto caso com dois triângulos (a_1, a_2, a_3) e (b_1, b_2, b_3)

Consideremos que $a_1 < b_1 < a_2 < a_3 < b_2 < b_3$, então teremos a figura 7, abaixo:

Exemplo:

Triângulos (1, 3, 6) e (2, 7, 9)

Figura 7 – Representação de $a_1 < b_1 < a_2 < a_3 < b_2 < b_3$



Fonte: elaboração própria.

A função de pertinência do primeiro número triangular *fuzzy* (a_1, a_2, a_3) é:

$$\begin{cases} \mu_A(x) = 0 & x < a_1 \\ \mu_A(x) = \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \mu_A(x) = \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \mu_A(x) = 0 & x > a_3 \end{cases}$$

A função de pertinência do segundo número triangular *fuzzy* (b_1, b_2, b_3) é:

$$\begin{cases} \mu_B(x) = 0 & x < b_1 \\ \mu_B(x) = \frac{x - b_1}{b_2 - b_1}, & b_1 \leq x \leq b_2 \\ \mu_B(x) = \frac{b_3 - x}{b_3 - b_2}, & b_2 \leq x \leq b_3 \\ \mu_B(x) = 0 & x > b_3 \end{cases}$$

Supondo a existência de dois números triangulares fuzzy (1, 3, 6) e (2, 7, 9).

$$x = \frac{(a_3 \bullet b_2) - (a_2 \bullet b_1)}{(b_2 - b_1) + (a_3 - a_2)}$$

Para dois números triangulares *fuzzy* (1, 3, 6) e (2, 7, 9) A altura h do triângulo que representa o ponto de interseção vai ser determinada a partir de $\mu_A(x)$ ou $\mu_B(x)$

Substituindo, obteremos:

$$\mu_A(x) = h = \frac{a_3 - \frac{(a_2 \cdot b_1) - (a_3 \cdot b_2)}{(a_2 - a_3) + (b_1 - b_2)}}{(a_3 - a_2)}, \text{ ou, } \mu_B(x) = h = \frac{\frac{(a_2 \cdot b_1) - (a_3 \cdot b_2)}{(a_2 - a_3) + (b_1 - b_2)} - b_1}{(b_2 - b_1)}$$

A área de interseção AI :

$$AI = \frac{(a_3 - b_1) \cdot \left(a_3 - \frac{(a_2 \cdot b_1) - (a_3 \cdot b_2)}{(a_2 - a_3) + (b_1 - b_2)} \right)}{2}$$

A área total AT vai ser calculada a partir da seguinte expressão:

$$AT = A\Lambda(a_1, a_2, a_3) - AI + A\Lambda(b_1, b_2, b_3)$$

Para calcular o grau de concordância entre as opiniões representadas pelos números triangulares *fuzzy* (1, 3, 6) e (2, 7, 9):

$$GC = \frac{AI}{AT}$$

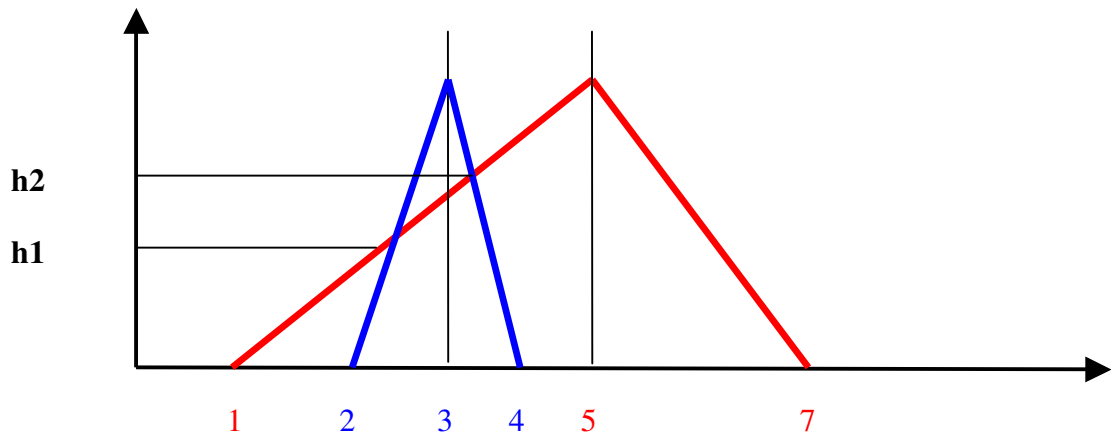
- Quinto caso com dois triângulos (a_1, a_2, a_3) e (b_1, b_2, b_3)

Consideremos que $a_1 < b_1 < b_2 < b_3 < a_2 < a_3$, teremos a figura 8, abaixo:

Exemplo:

Triângulos (1, 5, 7) e (2, 3, 4)

Figura 8 – Representação de $a_1 < b_1 < b_2 < b_3 < a_2 < a_3$



Fonte: elaboração própria.

$$x_1 = \frac{a_1 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_1}{(b_2 - b_1) - (a_2 - a_1)}$$

$$x_2 = \frac{a_2 \cdot b_3 - a_1 \cdot b_2}{(b_3 - b_2) + (a_2 - a_1)}$$

$$h_1 = \frac{x_1 - a_1}{(a_2 - a_1)}$$

$$h_2 = \frac{x_2 - a_1}{(a_2 - a_1)}$$

$$AI = 0,5 \cdot h_2 \cdot [(x_2 - a_1) + (b_3 - x_2)] - 0,5 \cdot h_1 \cdot [(x_1 - a_1) - (x_1 - b_1)]$$

$$AT = 0,5 \cdot [(a_3 - a_1) + (b_3 - b_1)] - AI$$

$$GC = \frac{AI}{AT}$$

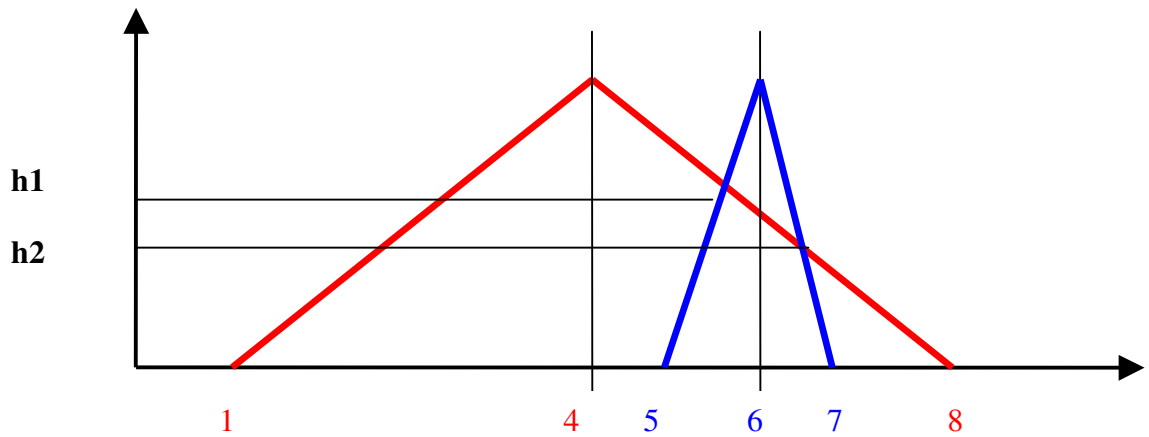
- Sexto caso com dois triângulos (a_1, a_2, a_3) e (b_1, b_2, b_3)

Consideremos que $a_1 < a_2 < b_1 < b_2 < b_3 < a_3$, então teremos a figura 9, abaixo:

Exemplo:

Triângulos (1, 4, 8) e (5, 6, 7)

Figura 9 – Representação de $a_1 < a_2 < b_1 < b_2 < b_3 < a_3$



Fonte: elaboração própria.

$$x_1 = \frac{b_2 \cdot a_3 - a_2 \cdot b_1}{(b_2 - b_1) + (a_3 - a_2)}$$

$$x_2 = \frac{a_3 \cdot b_3 - a_2 \cdot b_2}{(b_3 - b_2) + (a_3 - a_2)}$$

$$h_1 = \frac{a_3 - x_1}{(a_3 - a_2)}$$

$$h_2 = \frac{x_2 - a_2}{(a_3 - a_2)}$$

$$AI = 0,5 \cdot h_1 \cdot [(a_3 - x_1) + (x_1 - b_1)] - 0,5 \cdot h_2 \cdot [(a_3 - x_2) - (b_3 - x_2)]$$

$$AT = 0,5 \cdot [(a_3 - a_1) + (b_3 - b_1)] - AI$$

$$GC = \frac{AI}{AT}$$

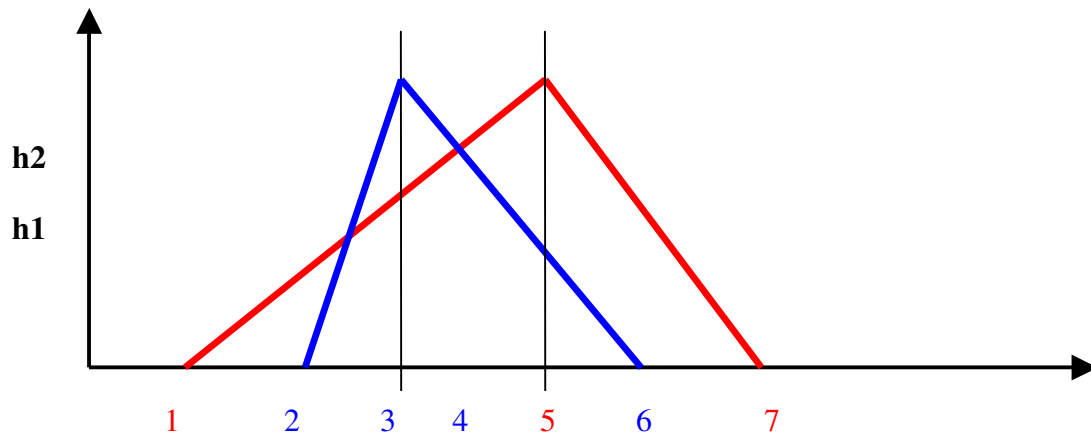
- Sétimo caso com dois triângulos (a_1, a_2, a_3) e (b_1, b_2, b_3)

Consideremos que $a_1 < b_1 < b_2 < a_2 < b_3 < a_3$, então teremos a figura 10, abaixo:

Exemplo:

Triângulos $(1, 5, 7)$ e $(2, 3, 6)$

Figura 10 – Representação de $a_1 < b_1 < b_2 < a_2 < b_3 < a_3$



Fonte: elaboração própria.

$$x_1 = \frac{b_2 \cdot a_2 - a_1 \cdot b_1}{(b_2 - b_1) + (a_2 - a_1)}$$

$$x_2 = \frac{a_2 \cdot b_3 - a_1 \cdot b_2}{(b_3 - b_2) + (a_2 - a_1)}$$

$$h_1 = \frac{x_1 - a_1}{(a_2 - a_1)}$$

$$h_2 = \frac{x_2 - a_1}{(a_2 - a_1)}$$

$$AI = 0,5 \cdot h_2 \cdot [(x_2 - a_1) + (b_3 - x_2)] - 0,5 \cdot h_1 \cdot [(x_1 - a_1) - (x_1 - b_1)]$$

$$AT = 0,5 \cdot [(a_3 - a_1) + (b_3 - b_1)] - AI$$

$$GC = \frac{AI}{AT}$$

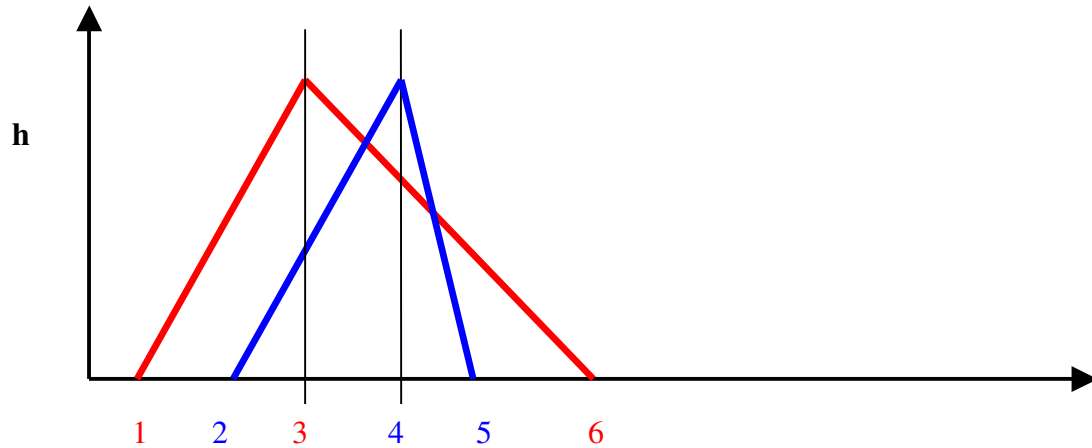
- Oitavo caso com dois triângulos (a_1, a_2, a_3) e (b_1, b_2, b_3)

Consideremos que $a_1 < b_1 < a_2 < b_2 < b_3 < a_3$, então teremos a figura 11, abaixo:

Exemplo:

Triângulos $(1, 3, 6)$ e $(2, 4, 5)$

Figura 11 – Representação de $a_1 < b_1 < a_2 < b_2 < b_3 < a_3$



Fonte: elaboração própria.

$$x_1 = \frac{b_2 \cdot a_3 - a_2 \cdot b_1}{(b_2 - b_1) + (a_3 - a_2)}$$

$$x_2 = \frac{a_2 \cdot b_3 - a_3 \cdot b_2}{(a_2 - a_3) + (b_2 - b_3)}$$

$$h_1 = \frac{x_1 - b_1}{(b_2 - b_1)}$$

$$h_2 = \frac{a_3 - x_2}{(a_3 - a_2)}$$

$$AI = 0,5 \cdot h_1 \cdot [(x_1 - b_1) + (a_3 - x_1)] - 0,5 \cdot h_2 \cdot [(a_3 - x_2) - (b_3 - x_2)]$$

$$AT = 0,5 \cdot [(a_3 - a_1) + (b_3 - b_1)] - AI$$

$$GC = \frac{AI}{AT}$$

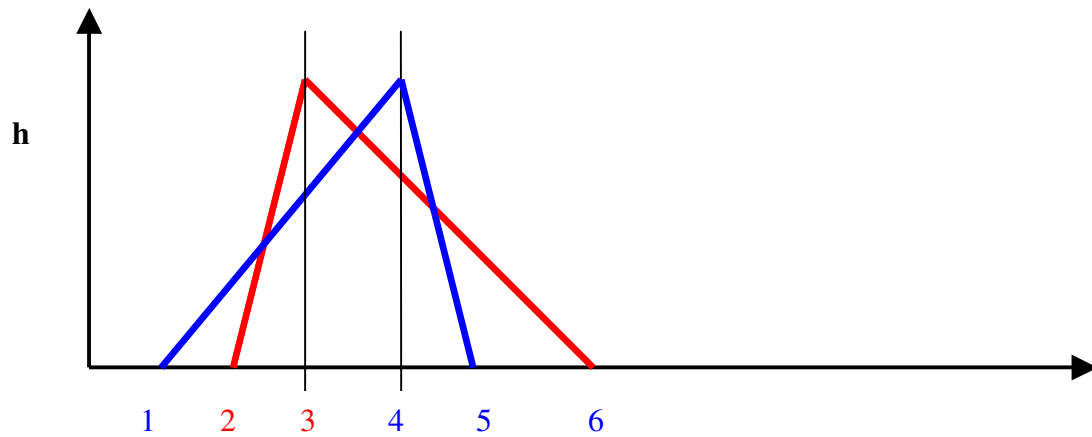
- Nono caso com dois triângulos (a_1, a_2, a_3) e (b_1, b_2, b_3)

Consideremos que $a_1 < b_1 < b_2 < a_2 < a_3 < b_3$, então teremos a figura 12, abaixo:

Exemplo:

Triângulos $(1, 4, 5)$ e $(2, 3, 6)$

Figura 12 – Representação de $a_1 < b_1 < b_2 < a_2 < a_3 < b_3$



Fonte: elaboração própria.

$$x_1 = \frac{b_1 \cdot a_2 - a_1 \cdot b_2}{(b_1 - b_2) + (a_2 - a_1)}$$

$$x_2 = \frac{a_2 \cdot b_3 - a_1 \cdot b_2}{(a_2 - a_1) + (a_2 - a_1)}$$

$$x_3 = \frac{b_3 \cdot a_2 - a_3 \cdot b_2}{(b_3 - b_2) + (a_2 - a_3)}$$

$$h_1 = \frac{x_1 - a_1}{(a_2 - a_1)}$$

$$h_2 = \frac{x_2 - a_1}{(a_2 - a_1)}$$

$$h_3 = \frac{b_3 - x_3}{(b_3 - b_2)}$$

$$AI = 0,5 \cdot h_2 \cdot [(x_2 - a_1) + (b_3 - x_2)] - 0,5 \cdot h_1 \cdot [(x_1 - a_1) - (x_1 - b_1)] - 0,5 \cdot h_3 \cdot [(b_3 - x_3) - (a_3 - x_3)]$$

$$AT = 0,5 \cdot [(a_3 - a_1) + (b_3 - b_1)] - AI$$

$$GC = \frac{AI}{AT}$$

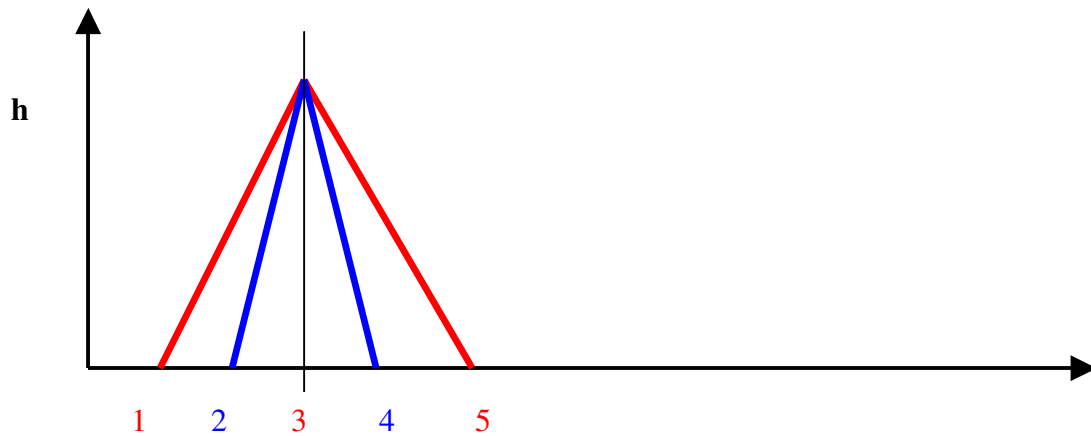
- Décimo caso com dois triângulos (a_1, a_2, a_3) e (b_1, b_2, b_3)

Consideremos que $a_1 < b_1 < a_2 = b_2 < b_3 < a_3$, então teremos a figura 13, abaixo:

Exemplo:

Triângulos (1, 3, 5) e (2, 3, 4)

Figura 13 – Representação de $a_1 < b_1 < a_2 = b_2 < b_3 < a_3$



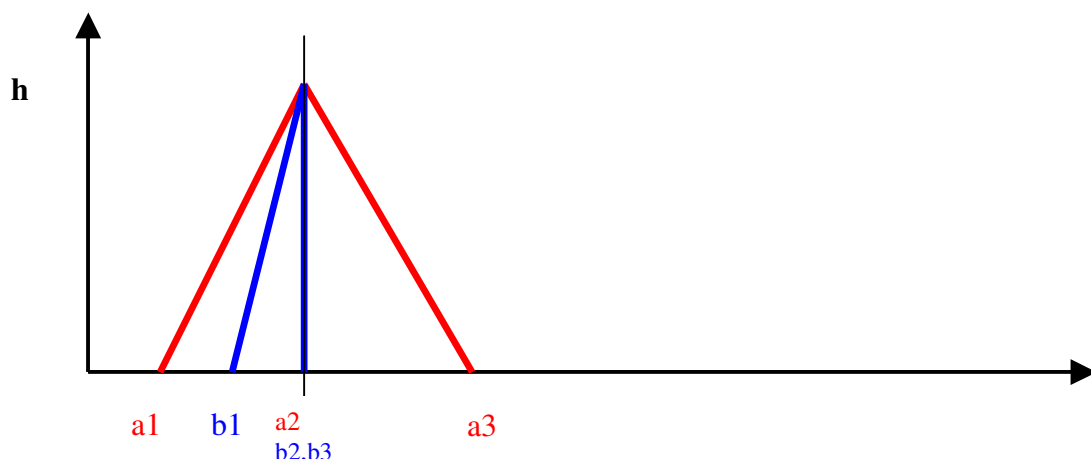
Fonte: elaboração própria.

$$GC = \frac{AI}{AT} = \frac{a_3 - a_1}{b_3 - b_1}$$

- Décimo primeiro caso com dois triângulos (a_1, a_2, a_3) e (b_1, b_2, b_3)

Consideremos que $a_1 < b_1 < a_2 = a_3 = b_2 < b_3$, então teremos a figura 14, abaixo:

Figura 14 – Representação de $a_1 < b_1 < a_2 = a_3 = b_2 < b_3$

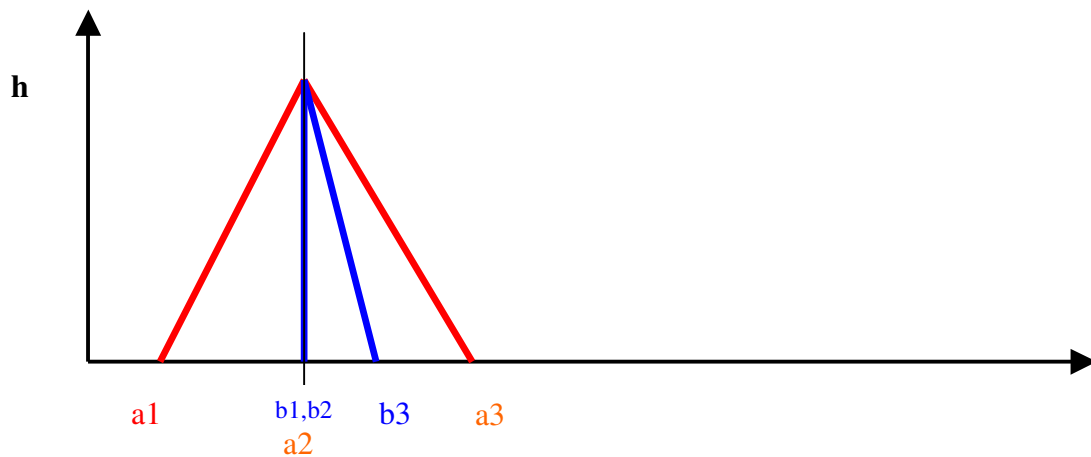


Fonte: elaboração própria.

$$GC = \frac{AI}{AT} = \frac{a_3 - b_1}{b_3 - b_1}$$

- Décimo segundo caso com dois triângulos (a_1, a_2, a_3) e (b_1, b_2, b_3)
Consideremos que $a_1 < a_2 = b_1 = b_2 < a_3 < b_3$, então teremos a figura 15, abaixo:

Figura 15 – Representação de $a_1 < a_2 = b_1 = b_2 < a_3 < b_3$

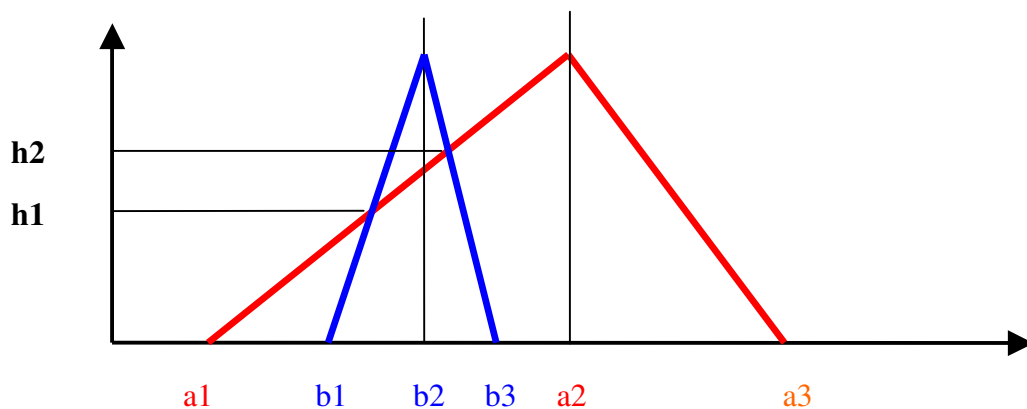


Fonte: elaboração própria.

$$GC = \frac{AI}{AT} = \frac{a_3 - b_1}{b_3 - b_1}$$

- Décimo terceiro caso com dois triângulos (a_1, a_2, a_3) e (b_1, b_2, b_3)
Consideremos que $a_1 < b_1 < b_2 < b_3 < a_2 < a_3$, então teremos a figura 16, abaixo:

Figura 16 – Representação de $a_1 < b_1 < b_2 < b_3 < a_2 < a_3$



Fonte: elaboração própria.

$$AI = \frac{0,5 \cdot \left[\frac{a_2 \cdot b_3 - a_1 \cdot b_2}{b_3 - b_2 + a_2 - a_1} - a_1 \right] \cdot \left[\frac{a_2 \cdot b_3 - a_1 \cdot b_2}{b_3 - b_2 + a_2 - a_1} - a_1 + b_3 - \frac{a_2 \cdot b_3 - a_1 \cdot b_2}{b_3 - b_2 + a_2 - a_1} \right]}{a_2 - a_1}$$

$$0,5 \cdot \left[\frac{a_1 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_1}{b_2 - b_1 - (a_2 - a_1)} - a_1 \right] \cdot \left[\frac{a_1 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_1}{b_2 - b_1 - (a_2 - a_1)} - a_1 - \frac{a_1 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_1}{b_2 - b_1 - (a_2 - a_1)} - b_1 \right]$$

$$a_2 - a_1$$

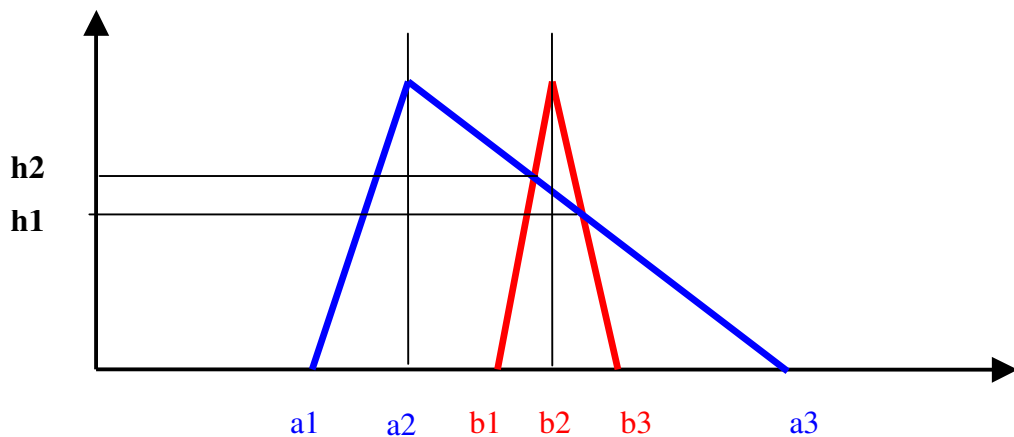
$$AT = 0,5 \cdot [(a_3 - a_1) + (b_3 - b_1)] - AI$$

$$GC = \frac{AI}{AT}$$

- Décimo quarto caso com dois triângulos (a_1, a_2, a_3) e (b_1, b_2, b_3)

Consideremos que $a_1 < a_2 < b_1 < b_2 < b_3 < a_3$, então teremos a figura 17, abaixo:

Figura 17 – Representação de $a_1 < a_2 < b_1 < b_2 < b_3 < a_3$



Fonte: elaboração própria.

$$AI = \frac{0,5 \cdot \left[a_3 - \frac{b_2 \cdot a_3 - a_2 \cdot b_1}{b_2 - b_1 + a_3 - a_2} \right] \cdot \left[a_3 - \frac{a_3 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_1}{b_2 - b_1 + a_3 - a_2} + \frac{a_3 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_1}{b_2 - b_1 + a_3 - a_2} - b_1 \right]}{a_3 - a_2}$$

$$0,5 \cdot \left[\frac{(a_3 \cdot b_3 - a_2 \cdot b_2) - a_2}{(a_3 - a_2)} \right] \cdot \left[a_3 - \frac{a_3 \cdot b_3 - a_2 \cdot b_2}{b_3 - b_2 + a_3 - a_2} - \left[b_3 - \frac{a_3 \cdot b_3 - a_2 \cdot b_2}{b_3 - b_2 + a_3 - a_2} \right] \right]$$

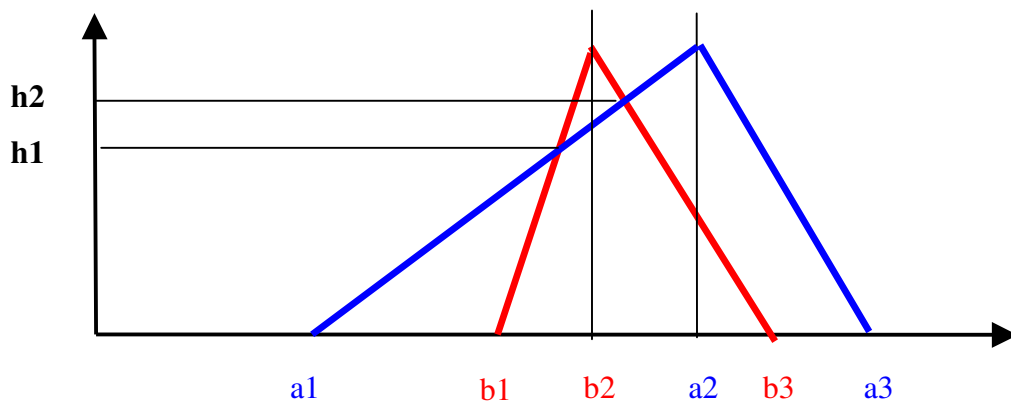
$$AT = 0,5 \cdot [(a_3 - a_1) + (b_3 - b_1)] - AI$$

$$GC = \frac{AI}{AT}$$

- Décimo quinto caso com dois triângulos (a_1, a_2, a_3) e (b_1, b_2, b_3)

Consideremos que $a_1 < b_1 < b_2 < a_2 < b_3 < a_3$, então teremos a figura 18, abaixo:

Figura 18 – Representação de $a_1 < b_1 < b_2 < a_2 < b_3 < a_3$



Fonte: elaboração própria.

$$AI = \frac{0,5 \cdot \left[\frac{(a_2 \cdot b_3 - a_1 \cdot b_2)}{b_3 - b_2 + a_2 - a_1} - a_1 \right] \cdot \left[\frac{a_2 \cdot b_3 - a_1 \cdot b_2}{b_3 - b_2 + a_2 - a_1} - a_1 + b_3 - \frac{a_2 \cdot b_3 - a_1 \cdot b_2}{b_3 - b_2 + a_2 - a_1} \right]}{a_2 - a_1} - \frac{0,5 \cdot \left[\frac{(b_2 \cdot a_2 - a_1 \cdot b_1)}{b_2 - b_1 + a_2 - a_1} - a_1 \right] \cdot \left[\frac{a_2 \cdot b_2 - a_1 \cdot b_1}{b_2 - b_1 + a_2 - a_1} - a_1 - \left[\frac{a_2 \cdot b_2 - a_1 \cdot b_1}{b_2 - b_1 + a_2 - a_1} - b_1 \right] \right]}{a_2 - a_1}$$

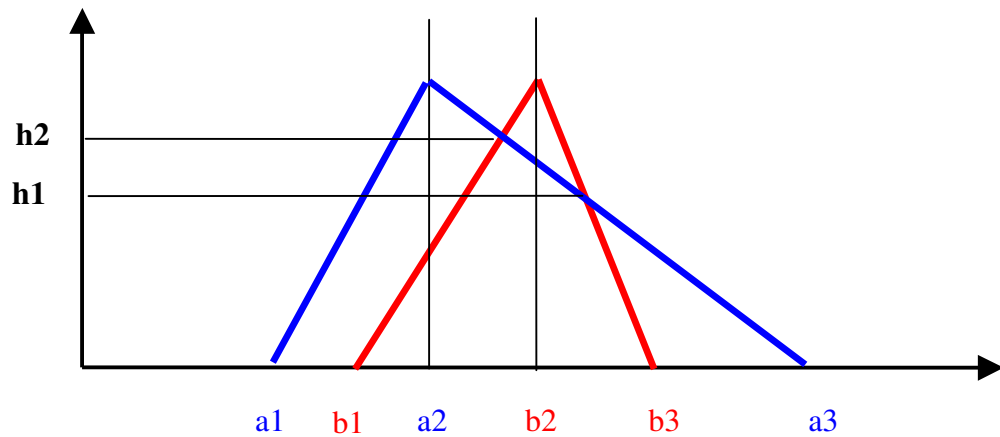
$$AT = 0,5 \cdot [(a_3 - a_1) + (b_3 - b_1)] - AI$$

$$GC = \frac{AI}{AT}$$

- Décimo sexto caso com dois triângulos (a_1, a_2, a_3) e (b_1, b_2, b_3)

Consideremos que $a_1 < b_1 < b_2 < a_2 < b_3 < a_3$, então teremos a figura 19, abaixo:

Figura 19 – Representação de $a_1 < b_1 < a_2 < b_2 < b_3 < a_3$



Fonte: elaboração própria.

$$AI = \frac{0,5 \cdot \left[\frac{(a_3 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_1)}{b_2 - b_1 + a_3 - a_2} - b_1 \right] \cdot \left[\frac{a_3 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_1}{b_2 - b_1 + a_3 - a_2} - b_1 + a_3 - \frac{a_3 \cdot b_2 - a_2 \cdot b_1}{b_2 - b_1 + a_3 - a_2} \right]}{b_2 - b_1} - \frac{0,5 \cdot \left[a_3 - \frac{(a_2 \cdot b_3 - a_3 \cdot b_2)}{b_2 - b_3 + a_3 - a_2} \right] \cdot \left[a_3 - \frac{a_2 \cdot b_3 - a_3 \cdot b_2}{a_2 - a_3 + b_2 - b_3} - b_3 - \frac{a_2 \cdot b_3 - a_3 \cdot b_2}{a_2 - a_3 + b_2 - b_3} \right]}{a_3 - a_2}$$

$$AT = 0,5 \cdot [(a_3 - a_1) + (b_3 - b_1)] - AI$$

$$GC = \frac{AI}{AT}$$

3.7.7 Determinação da matriz de concordância

Determinar a matriz de concordância das avaliações dos atributos que formam o critério ergonômico avaliado. Por exemplo, o critério “Ações Mínimas” que verifica a extensão dos diálogos estabelecidos para a realização dos objetivos do usuário é avaliado pelos desenvolvedores a partir dos atributos que o formam:

- ✓ Atributo 1 - Em formulário de entrada de dados, o sistema deve posicionar o cursor no começo do primeiro campo de entrada.

- ✓ Atributo 2 - Na realização das ações principais em uma caixa de diálogo, o usuário deve ter os movimentos de cursor minimizados através da adequada ordenação dos objetos.
- ✓ Atributo 3 - O usuário deve dispor de um modo simples e rápido (tecla TAB por exemplo) para a navegação entre os campos de um formulário.
- ✓ Atributo 4 - Os grupos de botões de comando devem possuir sempre um botão definido como *default*.
- ✓ Atributo 5 - A estrutura dos menus deve ser concebida de modo a diminuir os passos necessários para a seleção.

A matriz de concordância deste atributo estará formada pelos graus de concordâncias obtidos a partir das opiniões agregadas de todos os desenvolvedores em relação a um atributo pertencente a um critério ergonômico

A agregação das avaliações dos atributos 1, 2, 3, 4 e 5 determinará a avaliação do critério ergonômico como no exemplo da Tabela 3 a seguir:

Tabela 3. Matriz de concordância entre os atributos 1, 2, 3, 4 e 5 pertencentes ao critério ergonômico “Ações Mínimas”.

Atributos	1	2	3	4	5
1	1				
2		1		Cij	
3			1		
4				1	
5					1

Fonte: desenvolvimento próprio

Na matriz, C_{ij} significa o grau de concordância entre o estado de avaliação do atributo i e o atributo j . Se $C_{ij} = 0$, isto é, não há interseção entre as opiniões agregadas sobre os atributos i e j , procede-se ao cálculo do grau de não concordância, entre as avaliações desses atributos.

Se o grau de concordância é zero então existirá um grau de não concordância no intervalo $[-1, 0]$ e é calculado da seguinte maneira:

$$C_{ij} = -\frac{d}{D} * r \quad \text{Onde } d = a_j - b_i \text{ ou } d = a_i - b_j$$

D representa a distância entre o maior e o menor número *fuzzy* do conjunto de termos lingüísticos considerados, isto é, $\tilde{N}_5, \dots, \tilde{N}_1, \dots, (3,4,4)$ e $(0,0,1)$, isto é, $D = a_n - b_1$; $3 - 1 = 2$, e r é a razão entre as áreas dos números *fuzzy*, sendo que $0 < r \leq 1$.

3.7.8 Cálculo da agregação dos graus dos estados de agregação dos itens agregantes (ERA)

O cálculo é feito pela utilização da média quadrática de todos os graus dos estados de agregação:

$$ERA_i = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (C_{ij})^2}$$

3.7.9 Cálculo do grau do estado relativo de agregação

O cálculo do grau do estado relativo de agregação é obtido pela média ponderada entre seus atributos:

$$GERA_i = \frac{ERA_i}{\sum_{i=1}^n ERA_i}$$

3.7.10 Cálculo do coeficiente de consenso do critério ergonômico para o atributo agregado

O cálculo do coeficiente de consenso do critério ergonômico para o atributo agregado:

$$CCA_i = \frac{GERA_i}{\sum_{i=1}^n GERA_i}$$

3.7.11 Cálculo da avaliação do critério ergonômico agregado

O resultado da avaliação de cada critério ergonômico agregado é dado, também, por um número *fuzzy*, onde \bullet é o produto algébrico *fuzzy* formalizado por:

$$\tilde{N} = \sum_{i=1}^n (CCA_i \bullet \tilde{n}_i)$$

Onde \tilde{n}_i corresponde ao triângulo *fuzzy* obtido pela agregação das avaliações dos atributos, feitas pelos desenvolvedores.

3.7.12 Cálculo do valor crisp

O valor *crisp* foi calculado a partir da fórmula de Lazzari et al (1998), onde a , m e b são os valores do triângulo *fuzzy* \tilde{N} obtido a partir da agregação das opiniões dos desenvolvedores em relação aos graus de importância dos atributos pertencentes aos critérios ergonômicos avaliados, como a seguir:

$$V_{crisp} = \frac{a + 2 * m + b}{4}$$

3.7.13 Normalização

O valor normalizado é calculado de acordo com a fórmula abaixo e os resultados aparecem nas Tabelas 4 para o INCA e 5 para a DATAPREV:

$$V_n = \frac{V_{crisp}}{(V_{crisp})_{\max}}$$

Os resultados obtidos resultam uma hierarquização dos critérios ergonômicos em cada uma das instituições. Os graus de importância de cada um dos critérios considerados pelos desenvolvedores das duas instituições representam determinado nível de interpretação presente neles no momento de desenvolver a interface de *software* para o usuário.

Nas Tabelas 4 e 5 aparecem o critério ergonômico avaliado, o triângulo *fuzzy* obtido após a aplicação do modelo *Rocha* estendido, o valor *crisp* (valor real aproximado que melhor representa o número *fuzzy* triangular obtido) e o valor normalizado para as duas instituições.

Tabela 4 – Resultado do INCA - Hierarquização dos critérios ergonômicos

Critério	Número <i>Fuzzy</i>	Valor <i>Crisp</i>	Valor Normalizado
1	2,29; 3,24; 3,78	3,13	0,95
2	2,17; 3,17; 3,76	3,07	0,93
3	2,15; 3,15; 3,81	3,07	0,93
4	2,25; 3,25; 3,85	3,15	0,96
5	1,70; 2,70; 3,52	2,65	0,81
6	2,03; 3,03; 3,73	2,95	0,90
7	2,42; 3,42; 3,89	3,29	1
8	2,12; 3,12; 3,78	3,04	0,92
9	2,04; 3,04; 3,75	2,97	0,90
10	2,07; 3,07; 3,87	2,97	0,92
11	1,34; 2,34; 3,34	2,34	0,71
12	1,77; 2,77; 3,55	2,72	0,83
13	2,05; 3,05; 3,68	2,96	0,90
14	1,84; 2,84; 3,60	2,78	0,85
15	2,07; 3,07; 3,70	2,97	0,90
16	2,36; 3,36; 3,85	3,23	0,98
17	2,29; 3,29; 3,81	3,17	0,96
18	1,91; 2,91; 3,66	2,85	0,87

Fonte: desenvolvimento próprio

O resultado mostra os critérios mais importantes para os sistemas desenvolvidos na área de saúde, de acordo com a visão dos seus profissionais de TI. Eles são: **Ações Mínimas (critério 7); Consistência (critério 16); Significados (critério 17); Feedback (critério 4) e Presteza (critério 1)**. O critério ergonômico menos significativo resultou **Flexibilidade (critério 11)**.

Tabela 5 – DATAPREV - Hierarquização dos critérios ergonômicos

Critério	Número <i>Fuzzy</i>	Valor <i>Crisp</i>	Valor Normalizado
1	2,28; 3,28; 3,81	3,16	0,94
2	2,30; 3,30; 3,82	3,18	0,94
3	2,12; 3,12; 3,79	3,04	0,90
4	2,08; 3,08; 3,74	2,99	0,88
5	1,85; 2,85; 3,63	2,79	0,82
6	1,99; 2,99; 3,71	2,92	0,87
7	2,50; 3,50; 3,88	3,35	0,99
8	2,10; 3,10; 3,73	3,01	0,89
9	1,86; 2,86; 3,66	2,81	0,83
10	2,05; 3,05; 3,87	3,00	0,89
11	1,33; 2,33; 3,24	2,30	0,68
12	1,92; 2,92; 3,64	2,85	0,84
13	2,25; 3,25; 3,83	3,15	0,93
14	1,89; 2,89; 3,60	2,81	0,83
15	2,00; 3,00; 3,73	2,93	0,87
16	2,52; 3,52; 3,94	3,38	1
17	2,45; 3,45; 3,88	3,30	0,98
18	2,01; 3,01; 3,64	2,92	0,87

Fonte: desenvolvimento próprio

O resultado mostra os critérios mais importantes para os sistemas desenvolvidos na previdência social, de acordo com a visão dos seus profissionais de TI. Eles são: **Consistência (critério 16); Ações Mínimas (critério 7); Significados (critério 17); Presteza (critério 1) e Agrupamento por localização (critério 2)**. O critério ergonômico menos significativo também resultou a **Flexibilidade (critério 11)**.

3.7.14 Comparação dos resultados

Para comparar os resultados utilizamos o coeficiente de similaridade *fuzzy* como a razão entre a somatória dos valores mínimos e a somatória dos valores máximos por critério avaliado. Na Tabela 6, a seguir, aparecem os resultados comparados:

O cálculo foi efetuado conforme fórmula abaixo:

$$C_{sim} = \frac{\sum_{i=1}^{18} (\mu_{INCA}(i) \cap \mu_{DATAPREV}(i))}{\sum_{i=1}^{18} (\mu_{INCA}(i) \cup \mu_{DATAPREV}(i))}$$

Tabela 6 – Comparação entre os resultados

Critério	INCA	DATAPREV	Min	Max
1	0,95	0,94	0,94	0,95
2	0,93	0,94	0,93	0,94
3	0,93	0,90	0,90	0,93
4	0,96	0,88	0,88	0,96
5	0,81	0,82	0,81	0,82
6	0,90	0,87	0,87	0,90
7	1	0,99	0,99	1
8	0,92	0,89	0,89	0,92
9	0,90	0,83	0,83	0,90
10	0,92	0,89	0,89	0,92
11	0,71	0,68	0,68	0,71
12	0,83	0,84	0,83	0,84
13	0,90	0,93	0,90	0,93
14	0,85	0,83	0,83	0,85
15	0,90	0,87	0,87	0,90
16	0,98	1	0,98	1
17	0,96	0,98	0,96	0,98
18	0,87	0,87	0,87	0,87
Somatórios Min e Max			15,85	16,32
Coefficiente <i>fuzzy</i> de similaridade			$C_{sim} = 0,97$	

Fonte: desenvolvimento próprio

O valor 0,97 (coeficiente *fuzzy* de similaridade) expressa a similaridade que existe entre as culturas de desenvolvedores do INCA e da DATAPREV quando desenvolvem interfaces de *software* para seus usuários. Este valor perto de 1 significa que os desenvolvedores das duas instituições dão graus de importância bem similares a cada critério ergonômico para a usabilidade dos sistemas.

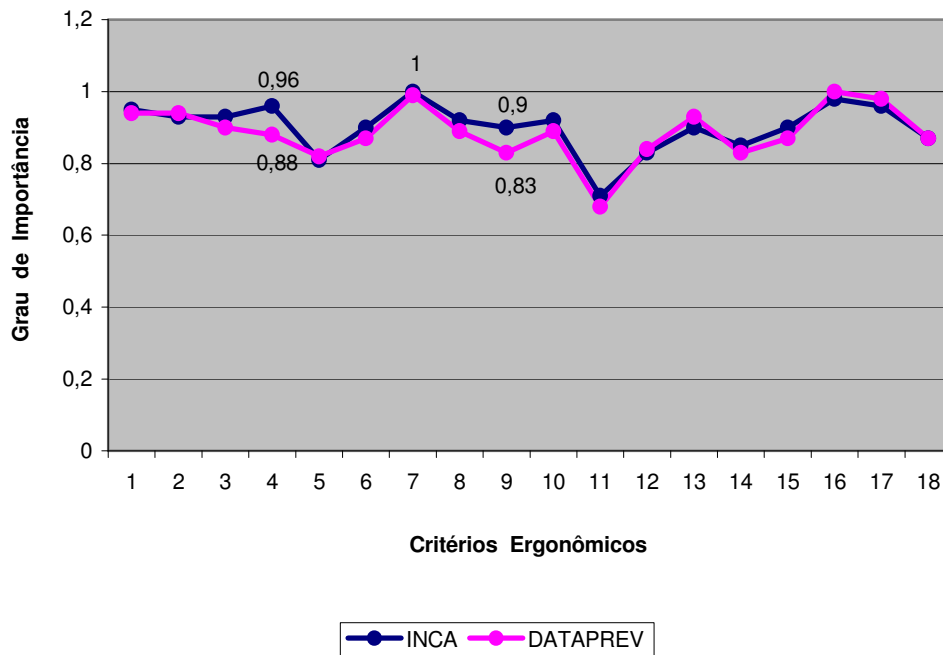
Na figura 20 aparecem representados os graus de importância definidos pelos desenvolvedores de ambas instituições.

Os valores que aparecem na figura 20 representam os graus de importância dos critérios ergonômicos que foram avaliados com menor similaridade. São eles:

- ✓ *Feedback* - Qualidade do feedback imediato às ações do usuário e
- ✓ *Ações Explícitas* - O usuário é quem deve comandar explicitamente as ações do sistema.

A variação dos graus de importância nas avaliações feitas pelos desenvolvedores do INCA foi de 0,29 unidades. Na DATAPREV foi de 0,32 unidades, isto é, a dispersão dos graus foi semelhante.

Figura 20 – Graus de importância dos 18 critérios ergonômicos.



Fonte: desenvolvimento próprio

Com os resultados observados, espera-se poder utilizá-los em grande escala tanto para a organização de conhecimentos ergonômicos quanto para a transferência desses conhecimentos a projetistas e desenvolvedores de sistemas. Poderão ser utilizados, também, para a criação de grades de avaliação, para a estruturação dos relatórios de avaliação, para elaboração de programas de treinamento, para a concepção de métricas e de ferramentas de avaliação informatizadas.

4 CONCLUSÃO

No trabalho, propusemos um modelo *fuzzy* para avaliar os graus de importância dos critérios ergonômicos utilizados na usabilidade das interfaces homem-computador quando os profissionais de TI desenvolvem seus sistemas.

A abordagem *fuzzy* permite tratar de forma matematicamente sólida, medidas subjetivas sujeitas a incertezas, obtidas a partir da opinião pessoal de projetistas e desenvolvedores de sistemas.

As informações obtidas a partir de questionários aplicados aos desenvolvedores das duas instituições são tratadas com a ajuda da teoria dos conjuntos *fuzzy* e levadas a um formato numérico para obter um índice capaz de diferenciar o grau de importância de um critério em relação a outro.

Com os resultados obtidos fica evidente para os desenvolvedores de ambas instituições onde deveriam concentrar esforços para que as interfaces de *software* sejam mais amigáveis. Esforços na definição do projeto, na definição dos sistemas, no desenvolvimento dos programas.

Um coeficiente de similaridade nos permite comparar os níveis de interpretações existentes entre os desenvolvedores das duas instituições que criam sistemas para usuários finais diferentes. O coeficiente próximo do valor 1 mostra que independentemente da finalidade desses sistemas, há similaridade na cultura dos desenvolvedores de ambas instituições.

4.1 RECOMENDAÇÕES

Usar a abordagem ergonômica para concepção de sistemas:

a) Ampliar o uso do modelo.

Estender o modelo de avaliação da importância dos critérios ergonômicos a outras organizações do governo e da iniciativa privada. Enfatizar o seu uso nas empresas conhecidas como fábricas de *software*.

b) Realizar pesquisas aplicadas na interação.

Realizar pesquisas aplicadas à avaliação dos critérios ergonômicos para a usabilidade das interfaces de *software*, sob o ponto de vista do usuário final.

4.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Realização de pesquisas utilizando o modelo *fuzzy* aqui discorrido para outras atividades da área de informática como, por exemplo, a verificação da qualidade de *software* produzido em fábricas. Tais atividades, se realizadas por empresas que compram sistemas prontos, podem garantir aquisições bem sucedidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERGO – Sistema Brasileiro de Certificação em Ergonomia. Disponibilizado na internet: www.abergo.org.br. Capturado em 1 de setembro de 2003.

ABRAHÃO, J. I. Ergonomia, Cognição e Trabalho Informatizado **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, UnB/IP Vol. 21 n. 2, p. 163-171, 2005.

ABRAHÃO, J. I. Ergonomia: modelos, métodos e técnicas. **Em 2º Congresso Latino-americano e 6º Seminário Brasileiro de Ergonomia**, UnB/IP, 1993.

APOSTILA do LabUtil - Material disponibilizado na Internet: www.labiutil.inf.ufsc.br. Obra não impressa. Arquivo capturado em 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 9000 – Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade – Parte 1: Diretrizes para seleção e uso – Apresentação**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 9000 – Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade – Parte 2: Diretrizes gerais para aplicação das NBR ISO 9001, NBR ISO 9002 e NBR ISO 9003 – Apresentação**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 9000 – Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade - Parte 3: Diretrizes para aplicação da NBR ISO 9001 ao desenvolvimento, fornecimento e manutenção de "software"** – Apresentação. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 9000 - Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade - Parte 4: Guia para gestão da dependabilidade - Apresentação**. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 9001 - Sistemas da qualidade - Modelo para garantia da qualidade em projeto, desenvolvimento, produção, instalação e serviços associados**. Esta norma é equivalente a ISO 9001: 1994 - Apresentação. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 9002 - Sistemas da qualidade - Modelo para garantia da qualidade em produção, instalação e serviços associados** - Apresentação. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 9003 - Sistemas da qualidade - Modelo para garantia da qualidade em inspeção e ensaios finais** - Apresentação. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 9004- Gestão da qualidade e elementos do sistema da qualidade - Parte 1: Diretrizes** - Apresentação. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 9004 - Gestão da qualidade e elementos do sistema da qualidade - Parte 2: Diretrizes para serviços.** - Apresentação. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 9004- Gestão da qualidade e elementos do sistema da qualidade - Parte 3: Diretrizes para materiais processados** - Apresentação. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 9004 - Gestão da qualidade e elementos do sistema da qualidade - Parte 4: Diretrizes para melhoria da qualidade** - Apresentação. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 9241-11 – Requisitos Ergonômicos para Trabalhos de Escritórios com Computadores – Parte 11 – Orientações sobre Usabilidade** – Apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **ISO/IEC 9126 - Qualidade de Software** – Apresentação. Rio de Janeiro, 1991.

BARBIERI, C. **BI – Business Intelligence**. Ed. Axcel Books do Brasil. Rio de Janeiro, 2001.

BASTIEN, C; SCAPIN, D. L. & LEULIER, C. **Looking for Usability Problems With the Ergonomic Criteria and the ISO 9241-10 dialogue principles, em Proceedings of CHI'96**. Vancouver. Canadá, 1996.

BASTIEN, C. *Validation de Criteres Ergonomiques Pour L'evaluation D'interfaces utilisateurs*. **Rapports de Recherche**, no 1427, INRIA-OCQUENCOURT, 1991.

BASTIEN, J. M. C.; SCAPIN, D. L. *Preliminary findings on the effectiveness of ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces. Short paper presented at the Conference on Human Factors in Computing Systems, INTERCHI'93, Amsterdam, The Netherlands, 1993.*

BELCHIOR, A. D., **Um modelo Fuzzy para Avaliação da Qualidade de Software.** Tese de D.Sc., COPPE /UFRJ, Rio de Janeiro, 1997.

BELLMAN, R. E.; ZADEH, L. A. *Decision-Making in a Fuzzy environment. Management Science*, v.17, n.4, 1970.

CAÑAS, J. J.; WAERS, Y. **Ergonomia Cognitiva – Aspectos Psicológicos de la Interacción de las Personas con la Tecnología de la Información.** Ed. Medica Panamericana, 2001.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração.** Ed. Bookman, Porto Alegre, 2003.

COSMOS CORPORATION. *Case studies and organizational innovation: Strengthening the connection.* **Bethesda, MD: Author, 1983.**

CYBIS, W. A. Engenharia de Usabilidade. Uma abordagem ergonômica. LabIUtil Empresa Virtual. www.labiutil.inf.ufsc.br. Santa Catarina, 2003.

DANIELLOU, F. *Questions épistémologiques autour de l'ergonomie. In F. Danielloeu (org.), L'ergonomie en quête de ses principes. Débats épistémologiques.* Ed. Octares. Toulouse, França, p. 1-17, 1996.

DAVENPORT, T. H. **Ecologia da informação: porque só a tecnologia não basta na era da informação.** Ed. Futura. São Paulo, 1998.

DEMO, P. **Introdução à metodologia da ciência.** Ed. Atlas. São Paulo, 1985.

DILLON, A. *Introduction to Human-Computer Interaction (HCI).* Disponibilizado na internet: www.memex.lib.indiana.edu/hcilab/1542syll.html. Acesso em 2007.

DIX, A. J. **Human-computer interaction.** Ed. Prentice Hall. London, 1998.

FERREIRA, S. B. L. "A User Model Framework to Help the Development of Usability Oriented Systems Interfaces Associated", trabalho publicado nos anais da conferência **IAMOT – International association for Management of Technology**. Nancy, França, Maio 2003.

FIALHO, F.; SANTOS, N. **Manual de Análise Ergonômica do Trabalho**. Ed. Gênese. Curitiba, 1995.

HAMMELL, T. **Test-driven development**. Ed. Springer-Verlag Medical. New York, 2004.

HECKEL, P. **Software amigável, Técnicas de projeto de software para uma melhor interface com o usuário**. Ed. Campus. Rio de Janeiro, 1993.

HELANDER M. **A Guide to Human Factors and Ergonomics**. Ed. CRC PRESS LLC, USA, 2005.

HENDRICK, H. W. et al. **Handbook of human factors and ergonomics methods**. Ed. CRC PRESS LLC, USA, 2004.

HIX D.; HARTSON H. R. **Developing User Interfaces: Ensuring Usability Through Product & Process**. Ed. Wiley Professional Computing. New York, 1993.

HOLLNAGEL, E. *Cognitive Ergonomics: It's all in the Mind*. **Ergonomics**, 40 (10): 1170-1182, 1997.

IEA. International Ergonomics Association. What is Ergonomics. http://www.iea.cc/browse.php?contID=what_is_ergonomics. Capturado em 2007.

IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e Produção**. Ed. Edgard Blucher. São Paulo, 2005.

KANDEL, A. **Fuzzy Mathematical Technics with Applications**. Ed. Addison-Wesley Publ. Co. USA, 1982.

KOSKO, B. **Fuzzy engineering**. Prentice Hall. New Jersey, 1996.

LABIUTIL. Critérios ergonômicos. www.labiutil.inf.ufsc.br. Empresa Virtual. Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. Ed. Atlas. São Paulo, 1991.

LAVILLE, A. **Ergonomia**. Tradução: Márcia Maria das Neves Teixeira. Ed. da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1977.

LAZZARI, L. L. et al. **Teoría de la Decisión Fuzzy**. Ed. Macchi. Buenos Aires, Argentina, 1998.

LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. 1. ed. Lisboa: Instituto Piaget, 1992.

MACGREGOR, C. **The macromedia flash usability guide**. Ed. Springer. New York, 2003.

MARMARAS N. & KONTOGIANIS, T. **Cognitive Task**. Em: **G. Salvendy, Handbook of Industrial Engineering**. Ed. John Wiley & Sons. New York, 2001.

MAYHEW. **Usability Engineering Lifecycle Ppr**. Ed. Morgan Kaufmann. São Paulo, 1999.

MONTMOLLIN, M. **Vocabulaire de l'ergonomie**. Ed. Octares. Toulouse, França, 1995.

MORAES, A. **Design e Avaliação de Interface: Ergodesign e interação humano-computador**. R.J.: iUsEr. p. 148, 2002.

MORÉ, J. D. **Aplicação da lógica fuzzy na avaliação da confiabilidade humana nos Ensaio não destrutivos por ultra-som**. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE, 2004.

NIELSEN, J. **Designing WEB Usability**. Ed. Pearson. São Paulo, 1994.

NIELSEN, J. **Projetando Web Sites**. Editora Campus. São Paulo, 2000.

NIELSEN, J. **Usability Engineering**. Ed. Interactive Technologies. New York, 1994.

NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO/IEC 9126: Qualidade de software**. Rio de Janeiro, 1991.

PADOVANI, S. Avaliação Ergonômica de Sistemas de Navegação em Hipertextos Fechados. Em **Design e Avaliação de Interface: Ergodesign e interação humano-computador / Organizadora Anamaria de Moraes**. R.J.: iUsEr, 2002.

PEDRYCZ, W. Why triangular membership functions? *Fuzzy sets and systems*, v. 64, p. 21, 1994.

PICARD, R. W. *Affective Computing And Intelligent Interaction*. Ed. Springer-Verlag. New York, 2005.

PMBOK, v 1.0 disponibilizada pelo PMI – MG na internet: www.pmimg.org.br/Geral/visualizadorConteudo.aspx?cod_areaconteudo=31. Capturado em 2007.

PRESSMAN, R. S. *Software Engineering - A Practioner's Approach*. Ed. McGraw-Hill, Inc, São Paulo, 2004.

SANTOS, N. et al, **Antropotecnologia: A Ergonomia dos Sistemas de Produção.**: Ed. Génesis. Curitiba, 1997.

SANTOS, R. L. G. Usabilidade e métodos de avaliação de usabilidade de interfaces web. **Anais do I Encontro Pan-americano de Ergonomia, X Congresso Brasileiro de Ergonomia**. ABERGO. Rio de Janeiro, 2000.

SANTOS, R. L. G. Abordagem Heurística para Avaliação da Usabilidade de Interfaces. Em **Design e Avaliação de Interface: Ergodesign e interação humano-computador / Organizadora Anamaria de Moraes**. R.J.:iUsEr, 2002.

SARMET, M. M. **Análise Ergonômica de Tarefas Cognitivas Complexas Mediadas por Aparato Tecnológico**. Dissertação não publicada apresentada ao Instituto de Psicologia da Universidade de Brasília. UnB, Brasília, 2003.

SCAPIN, D. L. *Guide Ergonomique de Conception des Interfaces Homme-Machine. Rapports Techniques, no. 77, INRIA. Rocquencourt, 1986.*

SCAPIN, D. L. *Organizing Human Factors Knowledge for the Evaluation and Design of Interfaces. In International Journal of Human-Computer Interaction*, 2 (3) pp. 203-229, 1990.

SHAW, I. S.; SIMÕES, M. G. **Controle e Modelagem Fuzzy**. Ed. Edgard Blucher. São Paulo, 1999.

TEIGER, C. *Le travail, cet obscur objet de l'ergonomie. In Actes du Colloque Interdisciplinaire "Travail: Recherche et Prospective" - Thème Transversal no 1 – Concept de Travail*. CNRS, PIRTEM, ENS de Lyon. 111-126, 1992.

TURBAN, E. et al. **Tecnología da informação para gestão: Transformando os negócios na economia digital**. Ed. Bookman. Porto Alegre, 2004.

VANDERDONCKT J. *An Interactive System for Ergonomic Realization of Applications, Sigchi Bulletin*, Vol. 27, N°2, p.50-51, 1995.

VIDAL P. et al. **Trabalho e escravidão na Grécia antiga**. Ed. Papirus. São Paulo, 2000.

WEILL-FASSINA, et al *Introduction. Em A. Weill-Fassina, P. Rabardel e D. Dubois (orgs). Représentation pour l'action*. Ed. Octarès. Toulouse, 1993.

WHITE, R. **Como Funciona o Computador**. Ed. Quark. São Paulo, 1993.

WIKIPÉDIA, A enciclopédia livre disponibilizada na internet no endereço <http://pt.wikipedia.org/wiki/Software>. Capturado em 2007

WISNER, A. **Por dentro do trabalho: ergonomia**. Ed. FTD. São Paulo, 1996.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. Ed. Bookman. Porto Alegre, 2001.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Ed. Bookman. Porto Alegre, 2005.

YIN, R. K. *The case study as a serious research strategy. Knowledge: Creation Diffusion, Utilization*, 3, 97-114. 1981a.

YIN, R. K. *The case study crisis: Some answers. **Administrative Science Quartely**, 26, 58-65.. 1981b.*

ZADEH, L. A. et al. **Artificial Intelligence and Soft Computing**. Ed. Springer-Verlag Medical. New York, 2004.

ZADEH, L. A. **Fuzzy Sets. Information and Control**, vol. 8, p. 338-353. Ed. Springer-Verlag Medical. New York, 1965.

ZADEH, L. A. *Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. **IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.** v. SMC-3, pp. 28-44, 1973.*

APÊNDICE A - Convite aos desenvolvedores do INCA

Rio de Janeiro, 10 de abril de 2007

Prezado desenvolvedor,

A Universidade Estácio de Sá apóia esse trabalho do mestrando Cesar Ribeiro de Araujo que servirá de base para a monografia que complementarás seus estudos. Face ao exposto, solicitamos sua participação, respondendo à pesquisa ora apresentada que visa classificar por ordem de importância, critérios ergonômicos.

Você foi escolhido para fazer parte dessa avaliação. O objetivo é classificar por importância, os dezoito critérios que são utilizados por desenvolvedores atentos à usabilidade das interfaces de *software* dos aplicativos de suas empresas.

Com base na sua opinião, cada atributo de cada critério ergonômico será definido como “*Muito importante*” (aquele que tem grande importância para garantir a usabilidade da interface e possui peso 4), “*Importante*” (aquele que tem importância para a usabilidade e possui peso 3), “*Moderadamente Importante*” (aquele que tem importância moderada para a usabilidade e possui peso 2), “*Pouco Importante*” (aquele que tem pouca importância para a usabilidade e possui peso 1) e “*Sem Importância*” (aquele que não tem nenhuma importância para a usabilidade e possui peso 0).

Para não haver dúvida quanto à funcionalidade de cada critério, você poderá consultar o *site* do LabUtil da Universidade de Santa Catarina no endereço eletrônico: <http://www.labiutil.inf.ufsc.br/ergolist> ou, se preferir, nos arquivos Word anexados.

Cada um desses critérios é especializado em um aspecto ergonômico que determina a usabilidade de uma interface homem-computador.

Você deverá fazer uma classificação considerando os que, segundo sua visão, são mais importantes para as interfaces de *software* interativo de sua empresa. Devem avaliar e classificar todos.

Pretendemos, com este trabalho, dar oportunidade a desenvolvedores de *software* que se interessem por essa área, a utilizar apenas os critérios considerados *muito importantes* para a usabilidade das interfaces.

Nesse sentido solicitamos o preenchimento, com muita atenção, do questionário em anexo. Caso tenha qualquer dúvida, entrar em contato com Cesar

Ribeiro de Araujo no telefone fixo 21 2528-7856 ou ainda pelo e-mail cesararajobr@yahoo.com.br.

Todas as informações prestadas serão consideradas estritamente confidenciais e nenhum respondente precisará se identificar.

Agradecemos antecipadamente a sua participação.

Atenciosamente,

Cesar Ribeiro de Araújo

APÊNDICE B - Convite aos desenvolvedores da DATAPREV

Rio de Janeiro, 15 de maio de 2007

Prezado desenvolvedor:

O questionário abaixo é parte integrante de uma pesquisa para determinar o nível de importância dos critérios que compõem a ergonomia necessária à usabilidade da interface de um *software*, durante sua operação. Por isso peço para que as suas opiniões sejam transparentes e individuais. Para não haver dúvida quanto à funcionalidade de cada critério, você poderá consultar o *site* do LabIUtil da Universidade Federal de Santa Catarina no endereço eletrônico: <http://www.labiutil.inf.ufsc.br/ergolist> ou, se preferir, nos arquivos Word anexados.

Segundo a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO), em agosto de 2000, a *Internacional Ergonomics Association* (IEA) adotou a definição oficial da ergonomia, apresentada a seguir:

A ergonomia (ou Fatores Humanos) é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema.

De acordo com Cybis (1996), a ergonomia tem como objetivo principal:

reduzir ou eliminar os riscos profissionais à saúde e, também, melhorar as condições de trabalho, com a finalidade de evitar um incremento de fadiga provocado pela elevada carga global de trabalho em suas várias dimensões: carga física, derivada do esforço muscular, carga psíquica e carga cognitiva.

Segundo McGregor (2003):

Usabilidade significa concentrar esforços para a facilidade do uso. Significa transformar a tarefa de alcançar uma meta simples, direta e o mais objetiva possível. Ela significa criar um sistema transparente que seja fácil de entender e operar instantaneamente. Usabilidade é pensar no usuário no início, no fim e sempre.

Com base na sua opinião, cada critério ergonômico será definido como “*Muito importante*” (aquele que tem grande importância para garantir a usabilidade da interface e possui peso 4), “*Importante*” (aquele que tem importância para a usabilidade e possui peso 3), “*Moderadamente Importante*” (aquele que tem

importância moderada para a usabilidade e possui peso 2), “*Pouco Importante*” (aquele que tem pouca importância para a usabilidade e possui peso 1) e “*Sem Importância*” (aquele que não tem nenhuma importância para a usabilidade e possui peso 0). O resultado apurado será mostrado aos participantes, em ocasião oportuna.

Atenciosamente,

Cesar Ribeiro de Araujo

APÊNDICE C – Questionário

Prezado Analista de Sistemas

O que se busca com este questionário é conhecer quais os critérios ergonômicos são mais importantes para a DATAPREV quando desenvolve aplicativos que precisam observar a boa usabilidade das interfaces de *software*

MUI = Muito Importante
 I = Importante
 MOI = Moderadamente Importante
 PI = Pouco Importante
 SI = Sem Importância

CRITÉRIOS/QUESTÕES	Grau de importância				
	MUI	I	MOI	PI	SI
01 - Presteza. Este critério representa o nível de presteza do sistema quando se objetiva informar e conduzir o usuário durante a interação.					
1 - Os títulos de telas, janelas e caixas de diálogos devem ficar no alto, centrados ou justificados à esquerda.					
2 - Todos os campos e mostradores de dados devem ser identificados, cada um deles, por meio de um rótulo único de identificação.					
3 - Se o dado a entrar possuir um formato particular, a descrição desse formato deve ser encontrada na tela.					
4 - As unidades para a entrada ou apresentação de dados métricos ou financeiros devem ser encontradas com descrições, na tela.					
5 - Os rótulos dos campos devem conter um elemento específico, por exemplo ":", como convite às entradas de dados.					
6 - Se o dado a entrar possuir valores aceitáveis, esses valores têm que ser descritos e apresentados na tela.					

7 - Quando as listas forem longas, devem ser apresentados indicadores de continuação, de quantidade de itens e de páginas.

8 - As tabelas devem apresentar cabeçalhos para linhas e colunas consistentes e distinguíveis dos dados apresentados.

9 - Os gráficos devem possuir um título geral e rótulos para seus eixos.

10- Os botões que comandam a apresentação de caixas de diálogo devem apresentar em seus rótulos o sinal "..." como indicador da continuidade do diálogo.

11- As páginas de menus devem possuir títulos, cabeçalhos ou convites à entrada.

12- As opções de menu que levam a outros painéis de menu devem apresentar o sinal ">" como indicador desse fato.

13- O usuário precisa encontrar disponíveis, as informações necessárias para suas ações.

14- Nas caixas de mensagens de erro, o botão de comando "AJUDA" deve estar sempre presente.

15- A resposta para uma solicitação de ajuda do usuário deve estar estruturada no contexto da tarefa e da transação corrente.

16- Deve haver a possibilidade do usuário obter a lista de comandos básicos da linguagem.

17- Na ocorrência de erros, o usuário deverá poder acessar todas as informações necessárias ao diagnóstico e à solução dos mesmos.

02 - Agrupamento por localização. Este critério representa a distribuição espacial dos itens. A distribuição deve traduzir as relações entre as informações

20 - Os rótulos de campos devem começar com uma letra maiúscula, e as letras restantes devem ser minúsculas.					
21 - Os itens de dados longos devem ser divididos em grupos mais curtos, tanto nas entradas como nas apresentações.					
22 - Os códigos alfanuméricos do sistema devem agrupar separadamente letras e números.					
23 - Os ícones devem ser legíveis.					
24 - O sistema deve utilizar rótulos (textuais) quando pode existir ambigüidade de ícones.					
25 - A informação codificada com o vídeo reverso deve ser legível.					
26 - O uso de vídeo reverso deve ser restrito à indicação de <i>feedback</i> de seleção.					
27 - Os dados a serem lidos devem ser apresentados de forma contínua, ou seja, não piscantes.					
06 Concisão. Esse critério representa a medida do Tamanho dos códigos e termos apresentados e introduzidos no sistema.					
1 - O sistema deve oferecer valores <i>defaults</i> para acelerar a entrada de dados.					
2 - A identificação alfanumérica das janelas deve ser curta o suficiente para ser lembrada facilmente.					
3 - Os nomes das opções de menu devem ser concisos.					
4 - Os ícones devem ser econômicos sob o ponto de vista do espaço nas telas.					
5 - As denominações devem ser breves.					
6 - As abreviaturas devem ser curtas.					
7 - Os códigos arbitrários que o usuário deve memorizar devem ser sempre menores do que 5					

8 - As listas de seleção e combinação devem apresentar uma altura correspondente a um máximo de nove linhas.					
9 - Os painéis de menu devem apresentar como ativas, somente as opções necessárias.					
09 Ações Explícitas. Este critério busca verificar se é o usuário quem comanda explicitamente as ações do sistema.					
1 - O sistema deve postergar os processamentos até que as ações de entrada do usuário tenham sido completadas.					
2 - Durante a seleção de uma opção de menu o sistema deve permitir a separação entre indicação e execução da opção.					
3 - Para iniciar o processamento dos dados, o sistema deve exigir sempre do usuário, uma ação explícita de "ENTER".					
4 - Deve ser sempre o usuário quem comanda a navegação entre os campos de um formulário.					
10 Controle do Usuário. Este critério verifica se há a possibilidades do usuário controlar o encadeamento e a realização das ações.					
1 - O usuário deve ter condições de terminar um diálogo seqüencial repetitivo a qualquer instante.					
2 - O usuário deve ter condições de interromper e retomar um diálogo seqüencial a qualquer instante.					
3 - O usuário deve ter condições de reiniciar um diálogo seqüencial a qualquer instante.					
4 - Durante os períodos de bloqueio dos dispositivos de entrada, o sistema deve fornecer ao usuário uma opção para interromper o processo que causou o bloqueio?					

<p>11 Flexibilidade. Este critério verifica se o sistema permite que sejam personalizados as apresentações e os diálogos.</p>					
<p>1 - Os usuários devem ter a possibilidade de modificar ou eliminar itens irrelevantes das janelas.</p> <p>2 - Ao usuário deve ser permitido personalizar o diálogo, através da definição de macros.</p> <p>3 - Deve ser permitido ao usuário, alterar e personalizar valores definidos por <i>default</i>.</p>					
<p>12 Experiência do Usuário. Este critério é utilizado para verificar se usuários com diferentes níveis de experiência têm iguais possibilidades de obter sucesso em seus objetivos.</p>					
<p>1 - Caso se trate de um sistema de grande público, ele deve oferecer formas variadas de apresentar as mesmas informações aos diferentes tipos de usuário?</p>					
<p>2 - Os estilos de diálogo devem ser compatíveis com as habilidades do usuário, permitindo ações passo a passo para iniciantes bem como a entrada de comandos mais complexos por usuários experimentados.</p>					
<p>3 - O usuário deve ter facilidades para se deslocar de uma parte da estrutura de menu para outra rapidamente.</p>					
<p>4 - O sistema deve oferecer equivalentes de teclado para a seleção e execução das opções de menu, além do dispositivo de apontamento (mouse, ...).</p>					
<p>5 - O sistema deve ser capaz de reconhecer um conjunto de sinônimos para os termos básicos definidos na linguagem de comando, de forma a permitir adaptação aos usuários novatos ou ocasionais.</p>					

6 - O usuário experiente deve ter possibilidade de efetuar a digitação de vários comandos antes de uma confirmação.

13 Proteção contra erros. Este critério possibilita verificar se o sistema oferece as oportunidades para o usuário prevenir eventuais erros.

1 - O sistema deve apresentar uma separação adequada entre áreas selecionáveis de um painel de menu de modo a minimizar as ativações acidentais?

2 - Em toda e qualquer ação destrutiva, os botões selecionados por *default* devem realizar a anulação dessa ação.

3 - Os campos numéricos para entrada de dados longos devem estar subdivididos em grupos menores e pontuados com espaços, vírgulas, hífens ou barras.

4 - Ao final de uma sessão de trabalho o sistema deve informar sobre o risco de perda dos dados.

5 - O sistema deve emitir sinais sonoros quando ocorrem problemas na entrada de dados.

6 - As teclas de funções perigosas devem se encontrar agrupadas e/ou separadas das demais no teclado.

7 - O sistema deve solicitar confirmação (dupla) de ações que podem gerar perdas de dados e/ou resultados catastróficos.

14 Mensagens de erro. Este critério possibilita que seja verificada a qualidade das mensagens de erro enviadas aos usuários em dificuldades.

1 - As mensagens de erro devem ajudar a resolver o problema do usuário, fornecendo com precisão o local e a causa específica ou provável do erro, bem como as ações que o usuário pode realizar para

ANEXO A – Relação dos critérios ergonômicos

- 1 - Presteza** – Como o sistema informa e conduz o usuário durante a interação.
- 2 - Agrupamento por localização** – É a forma com que a distribuição espacial dos itens traduz as relações entre as informações.
- 3 - Agrupamento por formato** - Formatos dos itens como meio de transmitir associações e diferenças.
- 4 - Feedback** – É a qualidade do *feedback* imediato às ações do usuário.
- 5 - Legibilidade** – É a legibilidade das informações apresentadas nas telas do sistema.
- 6 - Concisão** – É o tamanho dos códigos e dos termos apresentados e introduzidos no sistema.
- 7 - Ações Mínimas** – São as extensões dos diálogos estabelecidos para a realização dos objetivos do usuário.
- 8 - Densidade Informacional** – É a densidade informacional das telas apresentadas pelo sistema.
- 9 - Ações Explícitas** - O usuário é quem deve comandar explicitamente as ações do sistema.
- 10- Controle do Usuário** - Possibilidades do usuário controlar o encadeamento e a realização das ações.
- 11- Flexibilidade** - Como o sistema permite personalizar as apresentações e os diálogos.
- 12- Experiência do Usuário** - Usuários com diferentes níveis de experiência devem ter iguais possibilidades de obter sucesso em seus objetivos.
- 13- Proteção contra erros** - Como o sistema oferece as oportunidades para o usuário prevenir eventuais erros.
- 14- Mensagens de erro** - Qualidade das mensagens de erro enviadas aos usuários em dificuldades.
- 15- Correção de erros** - Facilidades devem ser oferecidas para que o usuário possa corrigir os erros cometidos.
- 16- Consistência** – Como é mantida a coerência no projeto de códigos, telas e diálogos com o usuário.
- 17- Significados** - Códigos e denominações devem ser claros e significativos para

os usuários do sistema.

18- Compatibilidade – Deve existir compatibilidade do sistema com as expectativas e necessidades do usuário em sua tarefa.

ANEXO B – Glossário

Animação - Conjunto de imagens que, apresentadas em seqüência, dão efeito de animação. As animações visam chamar a atenção do usuário.

Apresentação - Saída de dados de um computador para o usuário. Geralmente, esse termo denota uma saída de dados visual, mas pode ser qualificada para indicar uma modalidade diferente, como por exemplo, uma apresentação sonora.

Apresentação Analógica - Estilo de apresentação gráfica baseada em analogias com dispositivos físicos de apresentação, como velocímetros, altímetros, etc.

Apresentação Digital - Estilo de apresentação baseada em dígitos.

Apresentação Sonora - Apresentação de dados e informações realizadas através de dispositivos de apresentação sonora.

Área - Região ou seção de uma tela ou janela que está localizada em uma posição consistente e é utilizada consistentemente para atingir um objetivo específico.

Atributo - Propriedade de um objeto ou sua representação que pode ser modificado pelo usuário em determinados contextos, por exemplo, cor, tamanho, padrão ou fonte.

Barra de Rolagem - Controle que permite ao usuário visualizar objetos que extrapolam o tamanho da área disponível para visualização.

Botão - Figura representando botões materiais e que, normalmente, é selecionada por um dispositivo de apontamento (mouse) ou teclas de cursor, e executada por um botão do dispositivo de apontamento ou a tecla *Enter*.

Botão de Rádio - Componente gráfico que simula os botões de um rádio real. Cada botão representa uma alternativa mutuamente exclusiva.

Cabeçalho - Rótulo de identificação posicionado na parte superior de uma tabela ou lista.

Caixa de agrupamento - Linhas que formam um retângulo vazado envolvendo um conjunto de objetos relacionados.

Caixa de Diálogo - Painel que apresenta um conjunto de diferentes tipos de mostradores de dados, informações, mensagens, controles e comandos para apoiar o usuário em uma ação específica.

Caixa de Mensagem - Nome genérico dado a qualquer caixa de diálogo que forneça informação, ou o estado corrente de um processamento em andamento, ou faça uma pergunta, ou apresente um aviso, ou chame atenção para um erro.

Caixa de Atribuição - Os seletores são espaços na tela que são sensíveis às ações dos usuários para a seleção de valores pré-definidos pelos projetistas. Em grupos, os seletores se diferenciam entre os de escolha não exclusivas, aqui chamados de caixas de atribuição (*check-box*) e os de escolha exclusiva, ou botões de seleção (*radio button*).

Campo - Campos de dados são espaços na tela que permitem ao usuário a entrada de dados e informações numéricas e alfanuméricas. Os campos são espaços sensíveis às ações de edição por parte do usuário. Os campos complexos podem ser textuais, para a entrada de linhas (mais de uma) de texto, ou gráficos, para a edição de figuras.

Campo Opcional - Campo que não precisa ser necessariamente preenchido.

Campo Obrigatório - Campo de um formulário que deve ser preenchido.

Código - Números, palavras, figuras, cores e outras formas de representar objetos e dados associados ao sistema.

Comandos - Os comandos editáveis (linha de comando) ou selecionáveis (botão de comando) permitem a entrada de instruções do usuário que disparam funcionalidades específicas de um programa aplicativo.

Controles - Os controles são objetos sensíveis às ações dos usuários proporcionando a edição ou seleção de parâmetros que regulam os comandos.

Cursor - Indicação visual do ponto corrente de entrada de dados.

Dado - Mostradores de dados são espaços na tela que apresentam ao usuário o conteúdo de registros de memória ligados às evoluções do sistema informatizado ou do sistema de referência. Eles são, por definição, insensíveis às ações do usuário. Os mostradores complexos podem organizar seus elementos de dados segundo diferentes arranjos e formas, constituindo, em particular, os mostradores de listas, de tabelas e de gráficos.

Default - Valor pré-determinado ou entrada de controle, freqüentemente usado com o objetivo de reduzir as ações de entrada do usuário.

Díálogo - Interação entre um usuário e um sistema para atingir um determinado objetivo.

Dispositivo de apontamento - Dispositivo tal como mouse e trackball que permitem ao usuário mover um apontador (cursor) em um espaço de trabalho e apontar para objetos gráficos.

Equivalente de teclado - Tecla modificadora (Control, Alt), ou combinação de teclas (por exemplo Control-C) que executa uma função imediatamente, sem a necessidade de operações intermediárias. Excluem-se dessa definição as teclas de função (F1, F2, F3,...).

Estrutura de menu - Conjunto de menus relacionados hierarquicamente (como uma estrutura de árvore) ou estruturado como uma rede.

Execução de opção - Ação que o usuário comanda ao computador para execução da(s) opção(ões) selecionada(s).

Foco - Indicação da janela ou do objeto que receberá a entrada corrente.

Formulário de entrada de dados - Caixa de diálogo empregado para fins de entrada de conjuntos de dados relacionados. Apresenta uma organização de diferentes tipos de dados, informações, mensagens, controles e comandos para apoiar o usuário em sua entrada de dados.

Fonte - Conjunto de caracteres específico, para o qual são definidas variações de tamanho e de estilo.

Grupo de opções - Grupo de opções de menu que normalmente estão relacionadas funcionalmente. Menus e painéis de menu podem conter mais de um grupo de opções.

Ícone - Pequena imagem gráfica usada para representar uma janela ou uma função do sistema computacional.

Identificador de opção - Código, abreviação, mnemônico, ou uma porção do nome de uma opção que é utilizada para identificar unicamente cada opção de um menu.

Ilustração - Figura que complementa uma informação textual.

Indicação de seleção - Qualquer característica visual que indica o elemento selecionado na tela, ao qual o usuário pode aplicar uma ação subsequente.

Informação - Rótulos, mensagens, instruções, convites e informações sobre dados processados, que o usuário necessita utilizar para realizar as suas tarefas.

Intermitência visual - Pisca-pisca ou recurso que define os itens que aparecem piscando nas telas.

Item de Dado - Um conjunto de caracteres de tamanho fixo ou variável que forma uma unidade de dado simples. Por exemplo: nome, CEP (código de endereçamento postal).

Janela - Área controlável independentemente na tela, utilizada para apresentar objetos e/ou conduzir um diálogo com o usuário.

Linguagem de comando - Tipo de diálogo no qual o usuário edita linhas de comandos que são interpretadas pelo sistema.

Lista - Uma sucessão horizontal ou vertical de itens.

Lista de Seleção - As listas de seleção apresentam, segundo um arranjo de lista, diversos seletores, que podem ser exclusivos ou não exclusivos.

Manipulação Direta - Estilo de diálogo na qual o usuário age diretamente sobre o objeto na tela.

Mapa de Menu - Representação gráfica de uma estrutura de menu.

Menu - Conjunto de opções selecionáveis apresentadas ao usuário pelo computador. As opções pode ser apresentadas ao usuário através de dispositivos visuais (textual ou simbolicamente) ou verbais.

Metáfora - Analogia a conceitos que já são familiares ao usuário e a partir dos quais o usuário pode derivar o uso e o comportamento do sistema.

Modal - Atributo que define a caixa de diálogo que retém o foco das ações dos usuários. Desse modo, o usuário é obrigado a fechar a caixa modal para poder continuar seu trabalho em outras caixas ou janelas. A caixa amodal pode permanecer aberta enquanto o usuário continua trabalhando sobre outras.

Mostrador de Dados - São espaços na tela que apresentam ao usuário o conteúdo de registros de memória ligados às evoluções do sistema informatizado ou do sistema de referência. Eles são, por definição, insensíveis às ações do usuário. Os mostradores complexos podem organizar seus elementos de dados segundo diferentes arranjos e formas, constituindo em particular os mostradores de listas, de tabelas.

Mostrador de Gráficos - Dados especialmente formatados para mostrar relações espaciais, temporais, etc., entre conjuntos de dados.

Mostrador de Texto - São espaços na tela que apresentam informação ou dados ocupando mais de uma linha de texto.

Mouse - Dispositivo de apontamento, normalmente utilizado em conjunto com um teclado em interfaces de usuário do tipo apontar-e-clicar orientadas a objeto.

Navegação - Movimento de uma opção para outra opção dentro de um painel de menu, ou movimento de um painel de menu para outro painel de menu em uma estrutura de menu.

Níveis de experiência - Descreve as diferentes experiências de uma população de usuários. Um usuário pode, com o uso continuado, passar de aprendiz para expert

no *software*. Ao contrário, com a falta de uso, ele pode regredir à condição de aprendiz. Esse vai-e-vem caracteriza o usuário intermitente.

Níveis de Menu - Subestrutura em uma hierarquia de menu. Por exemplo, o menu inicial na hierarquia é o menu de nível 1.

Objeto de Apresentação - São objetos de *software* cujo processamento gera uma imagem na tela que é insensível as ações do usuário.

Objeto de Controle - São objetos de *software* que permitem a interação do usuário com o sistema informatizado. Seu processamento gera uma imagem na tela que também recebe as ações de edição textual ou gráfica ou de seleção do usuário.

Objeto de Interação - São objetos de *software* que permitem a interação do usuário com o sistema informatizado. Seu processamento gera uma imagem na tela que pode também receber as ações de edição textual ou gráfica ou de seleção do usuário.

Opção Crítica - Opção que, quando escolhida, resulta em ações que tem impacto significativo sobre o sistema ou no desempenho da tarefa, ou em ações que podem degradar significativamente o sistema ou o desempenho da tarefa.

Opção de Menu - Uma opção selecionável (textual, simbólica ou verbal) apresentada em um painel de menu.

Página de Menu - Porção de uma estrutura de menu que é apresentada ao usuário ocupando uma página inteira.

Painel de Menu - Porção de uma estrutura de menu apresentada ao usuário em uma porção específica da tela.

Rótulo - Etiquetas, títulos, cabeçalhos e outros elementos empregados para identificar e descrever os objetos e dados associados ao sistema. Em suas relações com outros objetos, os rótulos desempenham funções de identificações, descrição, indicação e incitação ao usuário.

Seleção - Escolha de um ou mais objetos dentre um conjunto apresentado de objetos.

Seleção de Opção - Meio através do qual o usuário indica a escolha de uma ou mais opções de um menu.

Seleção Múltipla - Seleção de mais de uma opção em um mesmo menu antes da execução.

Separador - Seqüência de um ou mais caracteres, linhas ou uma pausa (para voz), utilizada para separar elementos organizados.

Sinal Sonoro - Bips, sirenes e sons emitidos pelo sistema para informar, chamar atenção ou dar *feedback* ao usuário.

Sistema - Ferramenta orientada à tarefa baseada em computador que auxilia o usuário a desenvolver tarefas de manipulação de informação.

Sistema Operacional - Conjunto de programas e instruções de *software* que controlam os dispositivos físicos e periféricos de um computador.

Tarefa - Uma série de transações que compreende parte ou o todo de uma atividade do usuário.

Tecla aceleradora - Tecla modificadora (*Control*, *Alt*), ou combinação de teclas (por exemplo, *Control* - *C*) que executa uma função imediatamente, sem a necessidade de operações intermediárias. Excluem-se dessa definição as teclas de função (F1, F2, F3,...).

Tecla de Função - Tecla cuja ativação afeta a entrada de controle. Por exemplo: F1, F2, F3,...

Tela - Todo o espaço de apresentação de um dispositivo. Uma tela inclui todas as janelas e caixas de diálogo apresentadas simultaneamente.

Valor “default” - Valor pré-determinado ou entrada de controle, freqüentemente usado com o objetivo de reduzir as ações de entrada do usuário.

Zona Funcional - Área ou seção de uma tela ou janela que está localizada em uma posição consistente e é utilizada consistentemente para atingir um objetivo específico.

ANEXO C – Norma NBR (ISO 9241-11, 2002)

A norma NBR (ISO 9241-11, 2002), trata do trabalho de escritório informatizado através do uso de planilhas eletrônicas e de processadores de textos, entre outros aplicativos.

Esta norma internacional se destina aos profissionais encarregados de garantir um trabalho de escritório seguro e efetivo com os computadores. Seu objetivo é promover a saúde e a segurança de usuários de computadores e garantir que eles possam operar estes equipamentos com eficiência e conforto. Isso requer um projeto cuidadoso dos terminais de computadores, dos locais de trabalho e do ambiente nos quais eles são usados, assim como da organização e do gerenciamento do próprio trabalho.

As considerações da ergonomia são importantes no projeto de qualquer equipamento usado por seres humanos, mais especialmente quando este uso é intensivo ou se a precisão e a velocidade forem fatores críticos. Os computadores e seus terminais de vídeo formam uma parte significativa do trabalho de escritório e muito freqüentemente determinam o desempenho do usuário em suas atividades.

As partes desta norma estão organizadas conforme as que se referem às interfaces do ambiente, do *hardware* e do *software*. As recomendações das partes que tratam do *software* abordam as características dos diálogos, da condução ao usuário, da apresentação da informação e dos estilos de diálogo por menus, por linguagem de comando, por manipulação direta e por preenchimento de formulários.

Elas devem ser aplicadas com muito cuidado, pois se referem a determinados contextos de uso, incluindo tipos particulares de usuários, tarefas, ambientes e tecnologia. É prevista uma sistemática para definir e justificar a aplicabilidade das recomendações e a conformidade das interfaces.

Partes Introdutórias e gerais:

Parte 1: Introdução geral.

Parte 2: Condução quanto aos requisitos das tarefas.

Partes referentes às interfaces de *hardware* e do ambiente:

Parte 3: Requisitos dos terminais de vídeo.

Parte 4: Requisitos dos teclados.

Parte 5: Requisitos de posturas e do posto de trabalho.

Parte 6: Requisitos do ambiente.

Parte 7: Requisitos dos terminais de vídeo quanto às reflexões.

Parte 8: Requisitos dos terminais de vídeo quanto às cores.

Parte 9: Requisitos de dispositivos de entrada, que não sejam os teclados.

Partes Integrantes deste trabalho:

Parte 10: Princípios de diálogo.

Parte 11: Orientações sobre usabilidade.

Parte 12: Apresentação da informação.

Parte 13: Condução ao usuário.

Parte 14: Diálogo por menu.

Parte 15: Diálogo por linguagem de comandos.

Parte 16: Diálogo por manipulação direta.

Parte 17: Diálogo por preenchimento de formulários.

Parte 11 - Orientações sobre usabilidade.

Esta parte da norma (ISO 9241-11, 2002) refere-se à especificação da usabilidade dos sistemas, definida com aquelas características que permitem que o usuário alcance seus objetivos e satisfaça suas necessidades dentro de um contexto de utilização determinado. Desempenho e satisfação do usuário são especificados e medidos a partir do grau de realização de objetivos perseguidos na interação (eficácia), pelos recursos alocados para alcançar estes objetivos (eficiência) e pelo grau de aceitação do produto pelo usuário (satisfação). Ela reforça a idéia de que a usabilidade depende do contexto de utilização, e que o nível de usabilidade atingido será função das circunstâncias particulares de utilização do produto.

O contexto de utilização compreende: os usuários; as tarefas; o equipamento (*hardware*, *software* e documentos) e os ambientes físicos e sociais suscetíveis de influenciar a usabilidade de um produto dentro de um sistema de trabalho.

As medidas de desempenho e de satisfação dos usuários avaliam a qualidade do sistema de trabalho com todas as suas interligações. Qualquer mudança como treinamento adicional ou melhoria de iluminação força uma reavaliação da usabilidade do sistema.

Parte 12 - Apresentação visual das informações.

A norma ISO 9241-12 lida com a apresentação visual das informações através de terminais de vídeo. Ela traz princípios gerais para a apresentação da informação e se refere tanto à organização da informação nas telas quanto ao uso de técnicas de codificação individual. Suas recomendações referem-se a:

- ✓ as janelas, áreas de entradas e saídas;
- ✓ os grupos, listas, tabelas, rótulos;
- ✓ os campos, cursores;
- ✓ os aspectos sintáticos e semânticos de códigos alfanuméricos e abreviaturas;
- ✓ a codificação gráfica, códigos de cores e outras técnicas de codificação visual.

Parte 13 - Condução ao usuário.

Esta parte refere-se à condução ao usuário, vista como o conjunto de informações suplementares, portanto adicionais ao diálogo habitual entre homem-máquina, que são fornecidas sob comando do usuário ou automaticamente pelo sistema. Os elementos do sistema de condução incluem:

- ✓ convites;
- ✓ *feedback*;
- ✓ informação sobre o estado do sistema;
- ✓ gestão de erros;
- ✓ ajuda em linha.

Eles auxiliam a interação do usuário com o sistema evitando a carga de trabalho mental inútil, fornecendo aos usuários um meio de gestão de erros, além de uma assistência adequada ao seu nível de competência. As recomendações contidas nesta norma se referem a situações típicas envolvendo necessidades específicas de informações e de ações.

Parte 14 - Diálogos por menus.

Os diálogos por menus, tratados nesta parte são aplicáveis quando o uso da aplicação não é freqüente e quando o conjunto de opções de comandos é muito grande para confiá-lo à memória de um usuário, com um mínimo de treinamento, sem prática de digitação e com pouca ou nenhuma experiência com o sistema. As recomendações ergonômicas que estão incluídas nesta parte da norma se referem à:

- ✓ estrutura dos *menus*;
- ✓ apresentação dos *menus*;
- ✓ navegação dentro desta estrutura, e
- ✓ seleção e execução de opções de *menu*.

Parte 15 - Diálogos por linguagem de comandos.

Esta parte trata dos diálogos por linguagem de comandos, que se aplicam quando a tarefa requerer um rápido acesso a funções específicas do sistema, onde é impossível fazer prognósticos em termos das escolhas das ações que o usuário irá precisar, e onde os dados ou opções de comandos possam ser introduzidos em ordem arbitrária. Por seu lado o usuário precisa receber um treinamento formal, fazer uso freqüente do sistema e mostrar habilidades de datilógrafo. As recomendações referem-se às:

- ✓ estruturas e sintaxe dos comandos;
- ✓ apresentações dos comandos, e
- ✓ entradas e saídas com este estilo de diálogo.

Parte 16 - Diálogos por manipulação direta.

Os diálogos por manipulação direta, assunto tratado pela nesta parte, se aplicam quando as entradas forem de difícil descrição e onde possa existir a possibilidade de construir metáforas com os objetos do mundo físico que facilitem a visualização do sistema. Os recursos dos equipamentos, em termos de resolução e velocidade de tratamentos gráficos devem permitir apresentações e *feedback* eficientes. O usuário a quem se destina este tipo de diálogo não apresenta habilidades de digitação e prefere as representações gráficas às textuais. As recomendações da norma se referem à aparência e à manipulação de objetos gráficos, de texto, de controle e de janelas.

Parte 17 - Diálogos para preenchimento de formulários.

Esta parte trata dos diálogos por preenchimento de formulários, aplicáveis quando as entradas do sistema forem predominantemente de dados, com uma estrutura rígida e com poucos comandos. Os usuários deste tipo de diálogo não precisam de treinamento específico e suas habilidades de datilógrafo podem ser moderadas. As recomendações se referem a:

- ✓ a estrutura dos formulários;
- ✓ as entradas;
- ✓ o *feedback*, e
- ✓ a navegação pelos campos.

Procedimentos para a aplicação da NBR (ISO 9241-11, 2002)

Para realizar uma avaliação segundo as partes desta norma internacional, os analistas devem, antes de tudo, ler a norma e suas correlatas, conhecer o produto de *software*, o usuário, a tarefa, o ambiente e o sistema de trabalho que o produto pretenda apoiar. O próximo passo é estabelecer uma lista de tarefas a serem usadas na avaliação (as mais importantes e as mais freqüentes, por exemplo) e

aplicar a norma. Para tanto duas abordagens são examinadas. Na abordagem aconselhada o avaliador utiliza o produto para escolher uma lista de tarefas e observa o usuário realizando estas tarefas. Cada elemento do sistema em análise será verificado contra as recomendações desta norma (ex. condução ao usuário: convites, informações sobre o estado, *feedback*, mensagens de erro e ajuda em linha). Convém que os resultados sejam registrados segundo as rubricas: requisitos inaplicáveis, aplicáveis e seguidos, aplicáveis mas não seguidos. Na outra abordagem sugerida, o próprio avaliador utiliza o produto e estuda os elementos do sistema durante esta utilização.

A conformidade à norma (ISO 9241-11, 2002) é definida a partir dos resultados de duas análises; a de aplicabilidade do quesito e a de aderência do sistema ao quesito. Muitos dos quesitos propostos pelas diversas partes desta norma de ergonomia de *software* são condicionais, isto é devem ser seguidas somente dentro de um contexto específico no qual elas são aplicáveis: tipos particulares de usuários, tarefas, ambientes e tecnologia. A norma prevê uma sistemática para justificar a definição da aplicabilidade de um quesito, que pode se dar pela evidência documentada sobre a tarefa, ou a partir da descrição do sistema ou por sua simples observação. A aplicabilidade pode ainda ser decidida com base na avaliação de um *expert* (avaliação analítica) ou a partir de procedimentos de testes com usuários finais (avaliação empírica). Por seu lado, uma decisão sobre a aderência do sistema ao quesito deve ser justificada através de diferentes métodos: por medição, evidência documentada, observação, avaliação analítica, avaliação empírica ou outro método.

Convém que o relatório da avaliação contenha as tarefas avaliadas, as recomendações aplicáveis e as recomendações seguidas.